

사단법인 대한스포츠의학회
The Korean Society of Sports Medicine

The 69th Autumn Conference of Korean Society of Sports Medicine

사단법인 대한스포츠의학회
제69차 추계학술대회

2026년 10월 31일(토)~ 11월 01일(일), 이대서울병원

주최·주관. 사단법인 대한스포츠의학회
평　　점. 31일(토) : 의협평점 5점, 인증전문의 평점 50점
01일(일) : 의협평점 5점, 인증전문의 평점 50점

Invitation



대한스포츠의학회 회원 여러분,

그리고 스포츠의학 발전을 위해 애써주시는 국내외 전문가 여러분.

안녕하십니까.

가을빛이 짙어가는 결실의 계절에 대한스포츠의학회 제69차 추계학술대회를 오는 2026년 10월 31일(토)부터 11월 1일(일)까지 양일간 이대서울병원에서 개최하게 되어 매우 기쁘고 영광스럽게 생각합니다.

우리 학회는 선수의 건강 증진과 경기력 향상, 그리고 국민 건강 증진을 목표로 의학·재활·스포츠과학의 유기적 결합을 도모하며 다학제적 발전을 거듭해 왔습니다. 이번 제69차 추계학술대회 역시 최신 학술 트렌드와 현장의 실무 수요를 반영한 더욱 깊이 있고 풍성한 프로그램으로 준비하였습니다.

특히 이번에는 대한탁구협회와 대한사이클연맹의 초청세션 및 무용의학 심포지엄을 통해 탁구와 사이클, 무용에 대한 폭넓은 이해를 도모하고자 하며, 한국도핑방지위원회 (KADA), 도핑컨트롤센터 (DCC)와 유관기관 합동세션을 통해 도핑 검사 기술과 2027 국제표준 개정사항 등 공정한 스포츠를 위한 과학적 지식을 공유합니다.

국제 학술교류를 위한 해외연자 초청 세션으로는, 일본임상스포츠의학회(JSCSM) 국제위원장인 Hideyuki Koga 교수님, 일본스포츠정형외과학회 (JSOA) 회장이신 Norimassa Nakamura 교수님을 초청하여 전방십자인대 손상의 예방과 수술적 치료, 관절보존치료에서 바이오수술의 진보에 대한 특강을 마련했습니다.

또한 융합 심포지엄을 통해 운동종양학, 여성선수의 월경과 경기력 관리, 최신 비만 치료 약물과 운동의 통합적 접근, 미토콘드리아와 운동 생리학, 만성 건병증 및 폭염 속 선수 보호 전략 등 다채로운 주제를 다룰 예정입니다. 상지 및 하지 초음파 실습, 경기장 응급 손상 처치(CPR·SCAT6·뇌진탕 프로토콜), 부위별 테이핑 실습 등 학술대회 현장에서 즉시 적용 가능한 실습강좌를 대폭 강화하였으며, 각 관절분야 최고 전문가들의 증례기반 논의를 진행할 예정입니다.

이번 학술대회는 스포츠의학의 미래 비전을 제시하고, 연구자 및 현장 전문가 간의 활발한 학술적 교류와 소통의 장이 될 것입니다.

바쁘신 일정 중에도 진료와 연구, 현장에서 헌신하고 계신 회원 여러분의 성원과 적극적인 참여를 부탁드리며, 이대서울병원에서 여러분을 반갑게 맞이할 수 있기를 기대합니다.

감사합니다.

2026년 10월

사단법인 대한스포츠의학회 회장 **하철원**

PROGRAM AT A GLANCE

31일(토요일)			
시간/홀	Room A (대강당)	Room B (중강당)	Room C (대회의실)
07:50-08:00	인사말 및 개회		
08:00-09:00	ICL 1 [정형외과] 스포츠 손상 골절	자유연제 일반구연 1	
09:00-10:00	심포지엄 1 [인증SAT 관리위원회 1] SAT 프로그램 이후의 진로	자유연제 일반구연 2	
10:00-10:30	Coffee Break / 포스터 관람		
10:30-11:30	초청세션 1 [대한관절경학회] 관절경 수술 후 운동 기능 회복과 스포츠 복귀 전략	심포지엄 2 [스포츠과학위원회 1] 운동종양학의 임상 적용과 역학적 근거: 수술 후 회복에서 생존자 관리까지	초음파 상지 (어깨·팔꿈치·손목·손)
11:30-12:30	초청세션 2 [KADA · DCC] 공정한 스포츠를 위한 과학: 도핑 검사 기술과 규정의 최신 지견		
12:30-13:30	중식 / 기념촬영 / 포스터 관람		
13:30-14:30	초청세션 3 [대한사이클연맹] 사이클 ① - 사이클리스트의 질주를 지키는 힘	심포지엄 3 [여성스포츠위원회] 여성선수의 월경과 경기력: 생리학적 이해에서 임상적 관리까지	초음파 하지 (무릎·족부족관절)
14:30-15:00	심포지엄 4 [스포츠과학위원회 2] 사이클 ② - 사이클 경기력 향상을 위한 스포츠과학 기반 트레이닝 전략과 데이터 활용	심포지엄 5 2026 아이치-나고야 아시안 게임 의무지원 활동보고	
15:00-15:30		초청세션 4 JSCSM Travelling Fellow 세션	
15:30-16:00	Coffee Break / 포스터 관람		
16:00-17:00	초청세션 5 [대한운동계줄기 세포재생의학회] 스포츠 손상에서 재생 치료 (Orthobiology)	심포지엄 6 [스포츠과학위원회 3] 폭염 속 선수 보호와 경기력 향상 전략	Room C 미운영

PROGRAM AT A GLANCE

1일(일요일)			
시간/홀	Room A (대강당)	Room B (중강당)	Room C (대회의실)
07:50-08:00	인사말 및 개회		
08:00-09:00	심포지엄 7 스포츠인의 관절염 및 골다공증 치료	ICL 2 [재활의학] 스포츠 관련 말초신경손상의 진단·치료·재활	
09:00-09:50	해외연자 초청 강의 Hideyuki Koga (JSCSM Godfather/JSOA 회장) Norimasa Nakamura (Osaka Health Science University)		
09:50-10:10	Coffee Break / 포스터 관람		
10:10-11:10	초청세션 6 [대한탁구협회] 탁구 ① - 탁구 경기력의 진화: 스피드와 회전의 발전사		Hands on 6 - Side line management (경기장 응급손상) 1. 두경부 고정과 처치 2. 전신고정과 이동 3. 척추와 사지고정 및 처치
11:10-12:10	심포지엄 8 탁구 ② - 랠리를 잇는 힘: 탁구 선수들의 부상 예방과 최신 치료 지견	심포지엄 9 [인증SAT 관리위원회 2] 엘리트 선수의 종목별 경기 전 Warm-up 전략	
12:10-13:10	중식 / 기념촬영 / 포스터 관람		
13:10-14:10	심포지엄 10 2026 무용의학 업데이트: 무용수의 건강관리부터 하지 손상 치료까지	초청세션 7 [대한비만학회] 최신 비만 치료의 패러다임 - 약물치료와 운동의 통합적 접근	Hands on 7 - 테이핑 ① 부위별 응용 실습
14:10-15:10	심포지엄 11 스포츠 현장에서 빈번한 만성 건병증 관리 최신 지견	자유연제 우수구연	
15:10-15:30	Coffee Break / 포스터 관람		
15:30-16:30	심포지엄 12 미토콘드리아와 운동: 기초부터 대사질환, 노화, 뇌건강까지	심포지엄 13 스포츠 손상 마스터 클래스: 증례 중심의 치료 접근	Hands on 8 - 테이핑 ② 부위별 응용 실습
16:30-17:30		심포지엄 14 어깨 손상 후 현장 복귀 통합 전략 (FIT)	
17:30-17:45	시상식 및 폐회사		

Room A

10월 31일(토요일)

07:50-08:00	**인사말 및 개회**		
08:00-09:00	**ICL 1: 자주 만나는 스포츠 손상에서의 골절** **ICL 1: Common Fractures in Sports Injury (정형외과)**	좌장: 아산재건정형외과 조우신, 이대서울병원 신상진	
08:00-08:15	수부의 스포츠 골절 / Sports Hand Fractures	고대안산병원 오치훈	21
08:15-08:30	견관절 탈구 및 골절 / Fracture Dislocation of Shoulder	중앙대광명병원 김재수	25
08:30-08:45	경골 고평부 골절 / Tibial Plateau Fracture	아주대병원 임수민	31
08:45-09:00	발목 골절 / Lateral and Medial Malleolar Fracture	중앙보훈병원 여의동	37
09:00-10:00	**심포지엄 1: SAT 프로그램 이후의 진로** **Symposium 1: Career Paths after the SAT Program (인증SAT 관리위원회 1)**	좌장: 명지병원 김용균, 연세대학교 서상훈	
09:00-09:10	육상연맹 취직 사례 (1기 합격생)	대한육상연맹 하대운	45
09:10-09:20	인증SAT위원회 활동 경험 (1기 합격생)	이로운 건강운동센터 임찬빈	49
09:20-09:30	KLPGA 파견실습 경험	대한장애인아이스하키협회 이동규	55
09:30-09:45	향후 SAT 프로그램의 지향점	서울의료원 김기천	57
09:45-10:00	토의 Discussion		
10:00-10:30	Coffee Break / 포스터 관람		
10:30-11:30	**초청세션 1: 관절경 수술 후 운동 기능 회복과 스포츠 복귀 전략** **Invited Session 1: Sports Performance after Arthroscopic Surgery (대한관절경학회)**	좌장: 근로복지공단 노권재, 국민건강보험 일산병원 김성훈	
10:30-10:45	Return to Sport and Sports Performance After Shoulder Stabilization Surgery	이대서울병원 이상현	63
10:45-11:00	Rehabilitation after Arthroscopic Hamstring Surgery (Hip)	이대목동병원 윤병호	69
11:00-11:15	Return to Sport after ACL Reconstruction (Knee)	용인세브란스병원 정광호	77
11:15-11:30	Rehabilitation following Arthroscopic vs Open Modified Brostrom Operation (Ankle)	아주대병원 박영욱	85
11:30-12:30	**초청세션 2: 공정한 스포츠를 위한 과학 - 도핑 검사 기술과 규정의 최신 지견** **Invited Session 2: Joint Symposium with KADA · DCC**	좌장: 서남병원 이석현, 하나로의료재단 양윤준	
11:30-11:45	건조혈반(DBS) 내 금지약물 검출 / Analysis of Prohibited Substances in DBS	KIST 도핑콘트롤센터 이재익	89
11:45-12:00	질량분석법 기반 고분자 약물 분석 신기술	KIST 도핑콘트롤센터 민호필	91
12:00-12:15	2027 치료목적사용면책(TUE) 국제표준 주요 개정사항 및 TUE 사례	이대목동병원 권지은	95
12:15-12:30	2027 금지목록 국제표준 주요 개정사항	KADA 이승림	103
12:30-13:30	중식 / 기념촬영 / 포스터 관람		
13:30-14:30	**초청세션 3: 사이클 ① - 사이클리스트의 질주를 지키는 힘** **Invited Session 3: Cycling ① (대한사이클연맹)**	좌장: 대한체육회 이승림, 아주대병원 정준영	
13:30-13:50	1초를 줄이기 위한 도전, 사이클 선수의 몸은 안전한가? - 더 빠르게, 더 멀리, 그리고 더 안전하게	대한사이클연맹 후보전임감독 정창영	109
13:50-14:10	2026 나고야-아이치 아시안게임 사이클 경기를 돌아보며	대한사이클연맹 의무위원 신용은	115
14:10-14:22	페달 위의 리얼리티: 사이클 선수들의 주요 외상 증례 보고	대한사이클연맹 의무위원 김경호	123

14:22-14:30	토의 Discussion		
14:30-15:30	**심포지엄 4: 사이클 ② - 사이클 경기력 향상을 위한 스포츠과학 기반 트레이닝 전략과 데이터 활용** Symposium 4: Sports Science-Based Training for Cycling Performance (스포츠과학위원회 2) 좌장: 강동경희대병원 김동환, 동국대학교 정진욱		
14:30-14:50	국가대표 사이클 선수의 파워 기반 트레이닝	대한사이클연맹 구본재	133
14:50-15:10	스포츠생리학 기반 사이클 선수 트레이닝 전략	차의과학대 양우휘	139
15:10-15:30	사이클 빅데이터·웨어러블 기술 활용	라이덕 대표 박상혁	143
15:30-16:00	Coffee Break / 포스터 관람		
16:00-17:00	**초청세션 5: 스포츠 손상에서의 재생 치료 (Orthobiology)** Invited Session 5: Regenerative Treatment in Sports Injury (대한운동계줄기세포재생의학회) 좌장: 서울대병원 최호천, 조선대병원 김동휘		
16:00-16:20	어깨 관절 스포츠손상에서의 재생 치료	은평성모병원 김형석	151
16:20-16:40	무릎 관절 연골 스포츠손상에서 재생 치료 제재의 적용	여의도성모병원 이동환	155
16:40-17:00	족부족관절 스포츠손상에서 PRP의 적용	국민건강보험 일산병원 서재완	165

Room B

10월 31일(토요일)

07:50-08:00	**인사말 및 개회**		
08:00-09:00	**자유연제 - 일반구연 1** Free Paper - Oral Presentation 1	좌장: 한양대구리병원 **한승훈**, 순천향대부천병원 **이영구**	
08:00-08:08	축구 선수에서 대퇴비구충돌 형태와 고관절 관절 내 병변의 유병률: 메타분석	이대목동병원 박기태	173
08:08-08:16	수술적 접근·손상 만성도가 근위 햄스트링 봉합술 후 스포츠 복귀에 미치는 영향: 메타분석	이대목동병원 윤병호	174
08:16-08:24	ACL 재건술 후 전외측인대 재건술 동반 여부에 따른 2년 후 근기능 차이	고대안암병원 이진혁	176
08:24-08:32	ACL 재건술 후 심리적 준비도와 신체 회복의 시간적 변화 양상	서울점프정형외과 하정구	178
08:32-08:40	ACL 재건술 후 3개월 등속성 근력 검사와 MRI 기반 생물학적 결과의 연관성: 씨름 선수	마디세상병원 양영훈	179
08:40-09:00	토의 Discussion		
09:00-10:00	**자유연제 - 일반구연 2** Free Paper - Oral Presentation 2	좌장: 연세베스트정형외과재활의학과의원 **박창일**, 명지병원 **임길병**	
09:00-09:08	자가 대퇴사두근건을 이용한 전방십자인대 재재건술의 임상적 결과	서울점프정형외과 하정구	183
09:08-09:16	웨어러블 MMG·FMG 센서를 이용한 실시간 대퇴사두근 회복 모니터링: 임상 파일럿	인하대병원 류동진	184
09:16-09:24	Tampa Scale of Kinesiophobia-17 한국판 번역·문화적 적응 연구	서울점프정형외과 이승엽	186
09:24-09:32	극하건 보존 후방 관절낭 고정술을 이용한 만성 전방 견관절 불안정성 치료	계명대 동산병원 최채은	187
09:32-09:40	고강도 활동 직업군 환자에서 발견된 숨겨진 경추 척수병증	국립경찰병원 주성근	189
09:40-10:00	토의 Discussion		
10:00-10:30	Coffee Break / 포스터 관람		
10:30-12:30	**심포지엄 2: 운동종양학의 임상 적용과 역학적 근거 - 수술 후 회복에서 생존자 관리까지** Symposium 2: Clinical Applications and Epidemiologic Evidence in Exercise Oncology (스포츠과학위원회 1)	좌장: 연세대학교 **전용관**, 계명대학교 **안나영**	
10:30-10:50	위절제술 위암 환자에서 수술 후 운동중재: RCT 결과와 임상적 함의	연세대학교 이태호	193
10:50-11:10	유방암 수술 직후 맞춤형 운동중재: 어깨 기능 회복과 삶의 질 향상	국립암센터 민지희	195
11:10-11:30	암 생존자에서 신체활동 변화와 임상 사건: 코호트 연구의 시사점	이대목동병원 신수민	205
11:30-11:50	신체활동과 암: 역학 연구가 주는 통찰	서울대의대 최지엽	207
11:50-12:30	Exercise Oncology in Action: Evidence from the EXCEL Study	Univ. of Calgary Nicole Culos-Reed	209
12:30-13:30	중식 / 기념촬영 / 포스터 관람		
13:30-14:30	**심포지엄 3: 여성선수의 월경과 경기력 - 생리학적 이해에서 임상적 관리까지** Symposium 3: Menstruation and Athletic Performance in Female Athletes (여성스포츠위원회)	좌장: 건국대병원 **이선주**, 일산백병원 **이언숙**	
13:30-13:50	무월경과 REDs: 에너지 결핍이 선수의 건강과 경기력에 미치는 영향	이대목동병원 권지은	213

13:50-14:10	월경주기는 여성선수 경기력의 실질적 변수인가?	국립중앙의료원 전숙하	219
14:10-14:30	여성선수의 월경장애 치료: 월경통·월경과다·PMS의 임상적 접근	이대서울병원 박소연	225
14:30-15:00	**심포지엄 5: 2026 아이치-나고야 아시안게임 의무지원 활동보고** **Symposium 5: Medical Support Report - Asian Games**	**좌장: 대구대학교 이종삼, 단국대학교 신윤아**	
14:30-14;45	아시안게임 대표팀 의무지원 활동보고 - 팀닥터	대한체육회 진천선수촌 김찬혁	229
14:45-15:00	아시안게임 대표팀 의무지원 활동보고 - 물리치료	대한체육회 진천선수촌 문성환	233
15:00-15:30	**초청세션 4: JSCSM Travelling Fellow 세션** **Invited Session 4: JSCSM Travelling Fellow**	**좌장: 경희대병원 이종하, 인하대병원 류동진**	
15:00-15:08	Minimal Lumbar Disc Herniation in Elite Athletes: TF-FESS Under Local Anesthesia	Osaka Police Hospital Takayuki Kitahara, MD PhD	245
15:08-15:16	Movement Assessment in Rehabilitation After ACL Reconstruction	Hirosaki University Hospital Masato Chijimatsu, PT PhD	249
15:16-15:24	Knee Extensor Strength After ACL Reconstruction Using a Quadriceps Tendon Autograft	Kanazawa Univ. Takuya Sengoku, PT PhD	253
15:24-15:30	토의 Discussion		
15:30-16:00	Coffee Break / 포스터 관람		
16:00-17:00	**심포지엄 6: 폭염 속 선수 보호와 경기력 향상 전략** **Symposium 6: Exercise in the Heat (스포츠과학위원회 3)**	**좌장: 서울대학교 김연수, 순천향대학교 강현주**	
16:00-16:20	고온 환경 운동의 생리학적 기전: 심혈관 부담과 체온조절의 딜레마	전북대학교 허찬솔	257
16:20-16:40	스포츠 환경에서의 열 적응 전략	前 대한축구협회 오성환	259
16:40-17:00	WBGT 기반 온열질환 예방에 관한 전문가 합의안 제안	육군사관학교 성호용	261

Room C

10월 31일(토요일)

08:00-10:00	Room C 미운영		
10:00-10:30	중식 / 기념촬영 / 포스터관람		
10:30-12:30	**초음파 Hands-on W/S - 상지 (어깨·팔꿈치·손목·손)** **Upper Extremity US Hands-on Workshop**	**좌장 : 고대구로병원 강 석**	
	상지 초음파 실습	인천성모병원 김재민, 분당차병원 민경훈, 서울삼성병원 도종걸, 중앙대의대 이병찬	274
12:30-13:30	중식		
13:30-15:30	**초음파 Hands-on W/S - 하지 (무릎·족부족관절)** **Lower Extremity US Hands-on Workshop**	**좌장 : 고대구로병원 강 석**	
	하지 초음파 실습	건양대병원 송재황, 충남대병원 이기수, 조선대병원 김동휘, 청담리온정형외과 김재우	281
15:30-16:00	Coffee Break / 포스터관람		
16:00-17:00	Room C 미운영		

Room A

11월 1일(일요일)

07:50-08:00	**인사말 및 개회**		
08:00-09:00	**심포지엄 7: 스포츠인의 관절염 및 골다공증 치료** Symposium 7: Management of Arthritis and Osteoporosis in Athletes **좌장: 서울부민병원 서경묵, 분당서울대병원 이용석**		
08:00-08:30	스포츠인의 관절염 치료	중앙대광명병원 박용범	287
08:30-09:00	스포츠인의 골다공증 치료	고대안암병원 양재혁	295
09:00-09:50	**해외연자 초청 강의** Invited International Lectures **좌장: 하병원 하철원, 한양대병원 이진규**		
09:00-09:25	How to Manage ACL Injury - from Prevention to Surgical Treatment	JSCSM Godfather / JSOA President Hideyuki Koga, MD PhD	322
09:25-09:50	Advances in Biosurgery towards Joint Preservation	Osaka Health Science University Norimasa Nakamura, MD PhD	327
09:50-10:10	Coffee Break / 포스터 관람		
10:10-11:10	**초청세션 6: 탁구 ① - 스피드와 회전의 예술, 탁구** **Invited Session 6: Table Tennis ① (대한탁구협회)** **좌장: 서울바른세상병원 임홍철, 서울아산병원 최경효**		
10:10-11:10	탁구 경기력의 진화: 스피드와 회전의 발전사	대한탁구협회 홍차옥	331
11:10-12:10	**심포지엄 8: 탁구 ② - 랠리를 잇는 힘: 탁구 선수의 부상 예방과 최신 치료** Symposium 8: Table Tennis Injuries **좌장: 계명대학교 김기진, 고대구로병원 강 석**		
11:10-11:30	탁구 손상 - 상지 (어깨 / 손목·수부 손상 포함)	고대안산병원 김현곤	335
11:30-11:50	탁구 손상 - 무릎 (Knee)	충북대병원 이효열	341
11:50-12:10	탁구 손상 - 족부·족관절 (Foot & Ankle)	고양국가대표정형외과 김상범	347
12:10-13:10	중식 / 기념촬영 / 포스터 관람		
13:10-14:10	**심포지엄 10: 2026 무용의학 업데이트 - 무용수의 건강관리부터 하지 손상 치료까지** Symposium 10: Dance Medicine Update 2026 **좌장: 양산부산대병원 이창형, 순천향대천안병원 김우종**		
13:10-13:25	성장기 무용수의 골격계 특징과 부상 위험 관리	줄리아발레아카데미 이미하	351
13:25-13:40	Knee Update: 무용수의 취약한 무릎 - ACL 및 관절 내 손상 최신 치료	한양대구리병원 정규성	355
13:40-13:55	Ankle Update: 만성 발목 불안정성의 진단과 치료 전략	서울의료원 김기천	359
13:55-14:10	Foot Update: 장무지굴근 건염(FHL) 및 후방 충돌 증후군	부천 본본정형외과 제갈혁	363
14:10-15:10	**심포지엄 11: 스포츠 현장에서 빈번한 만성 건병증 관리 최신 지견** Symposium 11: Chronic Tendinopathy in Sports Fields **좌장: 네온정형외과 박진영, 서원대학교 임승길**		
14:10-14:30	만성 건병증의 발생 기전과 조직의 부하 수용력의 이해	강남대학교 전형규	369
14:30-14:50	부하 수용력 회복을 위한 Heavy Slow Resistance Training 적용 전략	선문대학교 이동욱	375

14:50-15:10	스포츠 복귀를 위한 부하 수용력·기능적 회복 모니터링 전략	3Ps Performance Lab 강성우	379
15:10-15:30	Coffee Break / 포스터 관람		
15:30-17:30	**심포지엄 12: 미토콘드리아와 운동 - 기초부터 대사질환, 노화, 뇌 건강까지** **Symposium 12: Mitochondria in Exercise and Health**	**좌장: 가톨릭대 성빈센트병원 김준성, 순천향대학교 김철현**	
15:30-15:50	미토콘드리아의 이해: 기초 구조·기능, 그리고 운동과의 연결	연세대 원주의대 고진호	387
15:50-16:10	운동은 미토콘드리아를 어떻게 바꾸는가: 생합성·적응·비만에서의 역할	인하대학교 곽효범	389
16:10-16:30	운동과 미토콘드리아 건강: 대사질환에서 암 생존까지	연세대 원주의대 공인덕	397
16:30-16:50	노화·근감소증·노쇠에서 미토콘드리아: 운동의 역할과 미래 전망	성균관대학교 조진경	405
16:50-17:10	뇌건강·뇌질환에서의 미토콘드리아: 운동과 신경재활의 임상적 확장	서울대의대 정세희	411
17:10-17:30	토의 Discussion		
17:30-17:45	시상식 및 폐회사		

Room B

11월 1일(일요일)

07:50-08:00	**인사말 및 개회**		
08:00-09:00	**ICL 2: 스포츠 관련 말초신경손상의 진단·치료·재활** **ICL 2: Diagnosis, Treatment and Rehabilitation of Sports-Related Peripheral Nerve Injury (재활의학)**	**좌장: 솔병원 나영무, 동아대병원 이종화**	
08:00-08:20	스포츠 관련 말초신경손상의 진단: 임상에서 전기진단과 초음파까지 (손상기전·localization·EDX·US/MRI)	고대안산병원 박홍범	417
08:20-08:40	스포츠 관련 말초신경손상의 치료: 보존적에서 중재적 치료까지 (약물·injection/hydrodissection·수술 적응증)	고대의대 김낙환	423
08:40-09:00	말조신경손상 후 재활과 스포즈 복귀 (재활·strengthening-neural mobization·RTP)	고대구로병원 강 석	429
09:00-09:50	**공동세션 (해외연자 초청 강의) - Room B 미운영**		
09:50-10:10	**Coffee Break / 포스터 관람**		
10:10-11:10	**공동세션 (탁구 ① 메인, Room A) - Room B 미운영**		
11:10-12:10	**심포지엄 9: 엘리트 선수의 종목별 경기 전 Warm-up 전략** **Symposium 9: Pre-Competition Warm-up Strategies (인증SAT 관리위원회 2)**	**좌장: 동아병원 심상돈, 부경대학교 김태규**	
11:10-11:25	경기력 향상을 위한 warm-up 전략과 육상(트랙) 선수 적용 사례	대한육상연맹 하대운	435
11:25-11:35	육상(필드) 선수의 경기 전 warm-up 전략	한국체육대학교 박재명	439
11:35-11:45	역도 선수의 경기 전 warm-up 전략	홍천군청 역도감독 사재혁	441
11:45-11:55	핸드볼 선수의 경기 전 warm-up 전략	충남개발공사 핸드볼 코치 김차연	445
11:55-12:10	토의 Discussion		
12:10-13:10	**중식 / 기념촬영 / 포스터 관람**		
13:10-14:10	**초청세션 7: 최신 비만 치료의 패러다임 - 약물치료와 운동의 통합적 접근** **Invited Session 7 (대한비만학회)**	**좌장: 용인세브란스병원 이태임, 강남성심병원 김원희**	
13:10-13:30	Beyond Weight Loss: 무엇을 줄이고, 무엇을 지킬 것인가?	한림대성심병원 박경희	451
13:30-13:50	Quality of Weight Loss: 근감소 예방을 위한 저항성 운동의 임상적 가치	연세대학교 김윤명	455
13:50-14:10	Exercise Snacks: 심폐체력과 대사건강을 위한 새로운 운동전략	경희대 체육대학원 이소정	457
14:10-15:10	**자유연제 - 우수구연** **Best Oral Presentations**	**좌장: 삼성서울병원 유재철, 고대구로병원 배지훈**	
14:10-14:22	ACL 재건술 후 초기 관절성 근억제(AMI)가 임상적·기능적 회복에 미치는 영향	고대안암병원 이진혁	461
14:22-14:34	프로축구 프리시즌 부상의 과소평가된 기여 요인으로서 연습경기	스피크재활의학과 정태석	463
14:34-14:46	운동유발성 근육손상 후 크레아틴·콜라겐 펩타이드 복합 섭취가 회복에 미치는 영향	서원대학교 유준영	464
14:46-14:58	전문 발레 무용수에서의 고관절 병변에 대한 메타분석	이대목동병원 윤병호	466

14:58-15:10	하체 전기근육자극 운동이 폐경 여성의 신체조성·근기능·동맥경화지표에 미치는 효과	서울대학교 김경호	468
15:10-15:30	Coffee Break / 포스터 관람		
15:30-16:30	**심포지엄 13: 스포츠 손상 마스터 클래스 - 증례 중심의 치료 접근** **Symposium 13: Sports Injury Master Class**	**좌장: 고대안암병원 정웅교, SNU서울병원 이상훈**	
15:30-15:38	Foot & Ankle Sports injury : How do I treat?	분당차병원 이성현	473
15:38-15:46	Shoulder Sports Injury : How do I treat?	청담리온정형외과 김수철	475
15:46-15:54	Elbow Sports Injury : How do I treat?	계명대 동산병원 김두한	479
15:54-16:02	Hip Sports Injury : How do I treat?	충남대병원 황정모	483
16:02-16:10	Knee Sports Injury : How do I treat?	중앙대병원 김성환	487
16:10-16:30	토의 Discussion		
16:30-17:30	**심포지엄 14: 어깨 스포츠 손상 후 현장 복귀 통합 전략 (FIT)** **Symposium 14: Integrated Strategies for RTS Following Shoulder Injuries (FIT)**	**좌장: 한양대병원 김미정, SRC재활병원 김은국**	
16:30-16:40	RTP를 위한 FIT 전략: 어깨 부상 이후	양산부산대병원 김수용	493
16:40-17:00	RTP를 위한 기능 회복 전략	국립부경대 스포츠과학연구소 유일영	503
17:00-17:20	RTP를 위한 경기력 회복 전략	요넥스 배드민턴팀 최명훈	507
17:20-17:30	토의 Discussion		
17:30-17:45	시상식 및 폐회사 (Room B 미운영)		

Room C

11월 1일(일요일)

08:00-10:10	Room C 미운영 · 세팅		
10:10-12:10	**Hands on 6: Side line management(경기장 응급손상)**	**순천향대부천병원 김호중**	
10:10-10:50	두경부 고정과 처치	순천향대부천병원 김호중	515
10:50-11:30	전신고정과 이동	순천향대부천병원 김호중	516
11:30-12:10	척추와 사지고정 및 처치	순천향대부천병원 김호중	517
12:10-13:10	중식 / 기념촬영 / 포스터 관람		
13:10-15:10	**Hands on 7: 테이핑 ①**	**경북전문대 남형천**	
13:10-15:10	테이핑 실습 - 기본	경북전문대 남형천	521
15:10-15:30	Coffee Break / 포스터 관람		
15:30-17:30	**Hands on 8: 테이핑 ② - 부위별 응용 실습**	**경북전문대 남형천**	
15:30-17:30	테이핑 실습 - 부위별 응용	경북전문대 남형천	525

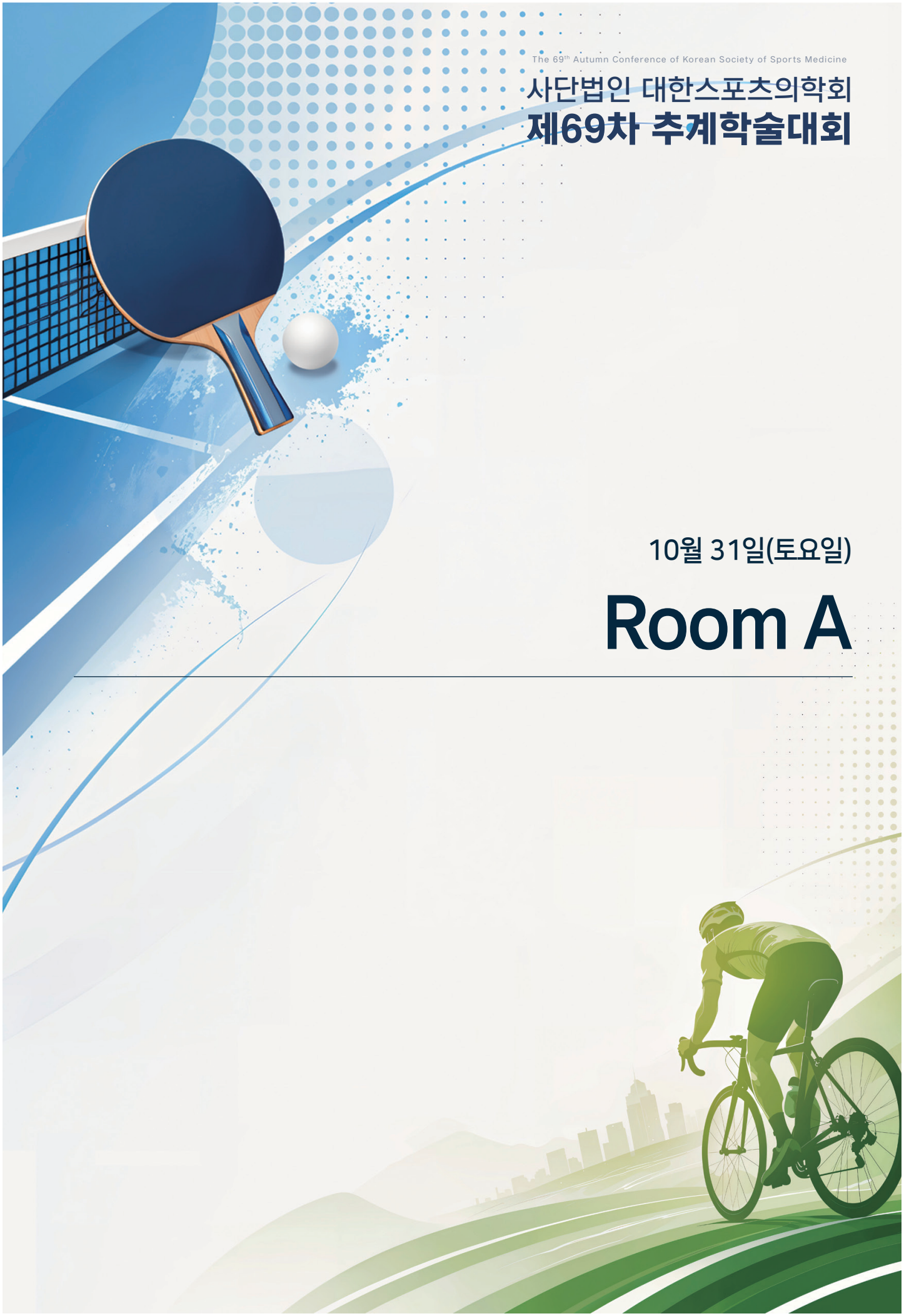
The 69th Autumn Conference of Korean Society of Sports Medicine

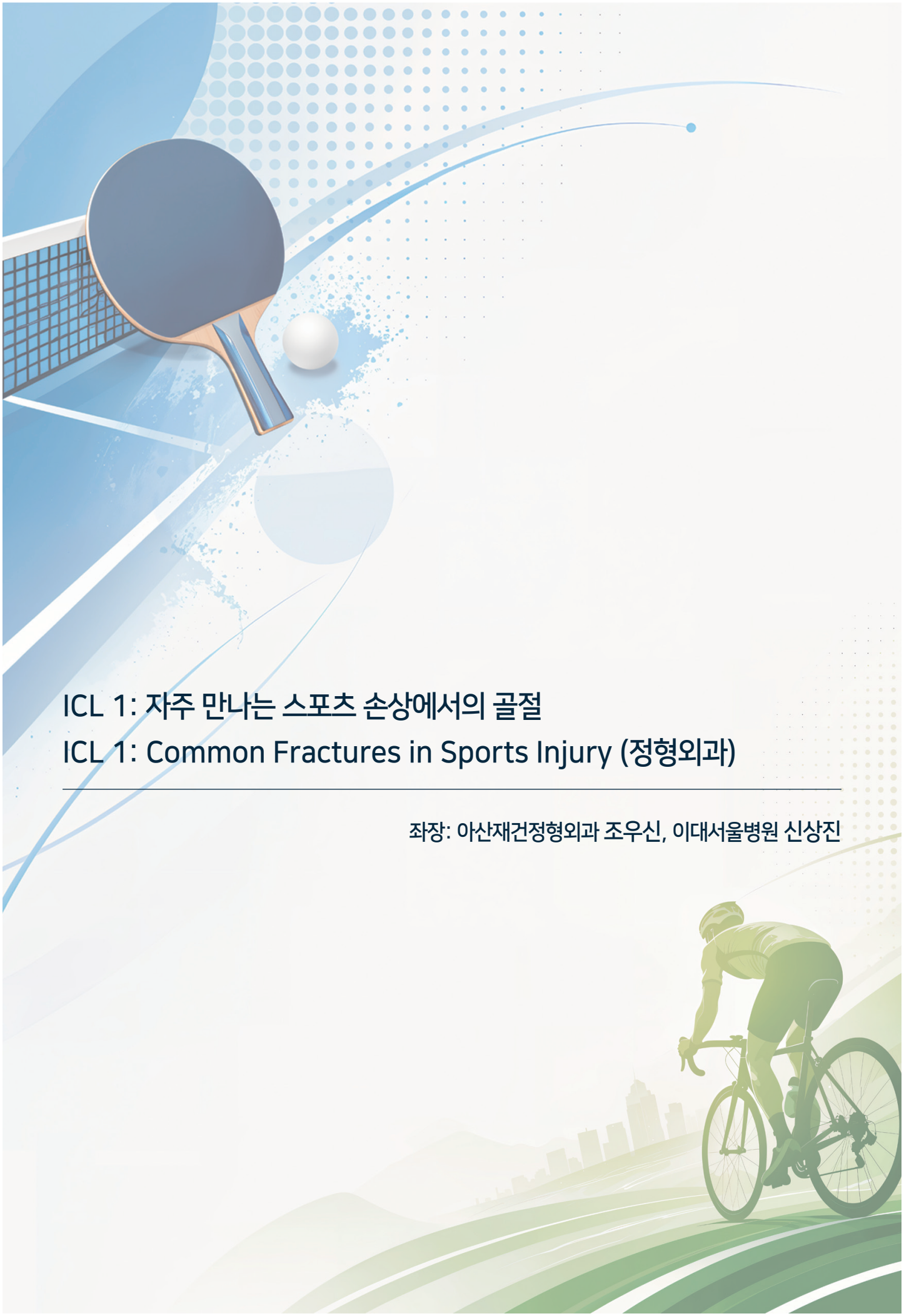
사단법인 대한스포츠의학회

제69차 추계학술대회

10월 31일(토요일)

Room A





ICL 1: 자주 만나는 스포츠 손상에서의 골절
ICL 1: Common Fractures in Sports Injury (정형외과)

좌장: 아산재건정형외과 조우신, 이대서울병원 신상진

오치훈

학력

2006 ~ 2010 한국과학기술원(KAIST) 화학과 학사

2011 ~ 2015 차의과학대학교 의학전문대학원 의학과 의무석사

주요 경력

2025 ~ 고려대학교 안산병원 정형외과 임상조교수

2024 ~ 2025 고려대학교 안산병원 정형외과 임상강사

2024 ~ 대한수부외과학회 수부외과 세부전문의

2023 ~ 2024 차의과학대학교 분당차병원 정형외과 전임의

2020 ~ 2023 대한민국 육군 군의관

2016 ~ 2020 차의과학대학교 분당차병원 정형외과 전공의

2015 ~ 2016 차의과학대학교 분당차병원 인턴

현재 소속 및 직위

2025 ~ 고려대학교 안산병원 정형외과 임상조교수

대표논문

1. Oh CH, Jang I, Ha C, Hong IT, Jeong S, Han SH. Open Reduction and Internal Fixation of Distal Radius Fractures with Complete Intra-articular Involvement and Diaphyseal Extension. Clin Orthop Surg. 2024 Dec;16(6):979-986. https://doi.org/10.4055/cios23385
2. CH Oh, DE Shin, S Yoon, J Oh,Y Lee, S Lee, Comparison of Whole Trunk Muscle Mass between Healthy and Lumbar Herniated Nucleus Pulposus Patients Using Abdominal Pelvic Computed Tomography. Front Med (Lausanne) . Jul 18 2023. 10.3389/fmed.2023.1190021
3. Oh CH, Kim J, Kim J, et al. The Association of Low Skeletal Muscle Mass with Complex Distal Radius Fracture. J Clin Med. Sep 22 2022;11(19)doi:10.3390/jcm11195581

수부의 스포츠 골절 / Sports Hand Fractures

고대안산병원

오치훈

Lecture Overview

Sports-related finger injuries encompass not only fractures but also avulsions of the flexor and extensor tendons and disruptions of joint-stabilizing structures. A careful physical examination and plain radiographs are essential to assess joint congruity, fragment size, tendon function, and collateral ligament stability. The choice between immobilization with early protected mobilization and operative treatment should be based on the stability of the injury. This lecture reviews key diagnostic findings and treatment principles for mallet finger, jersey finger, proximal interphalangeal (PIP) joint injuries, and thumb collateral ligament injuries.

1. Mallet finger

Mallet finger results from a sudden flexion force applied to an extended distal interphalangeal (DIP) joint, causing disruption of the terminal extensor tendon or a bony avulsion from its dorsal insertion on the distal phalanx. The Doyle classification distinguishes closed tendon injuries, open injuries, and bony mallet injuries. Stable injuries are managed by continuous splinting of the DIP joint in full extension for 6-8 weeks, followed by gradual splint weaning. Operative fixation may be considered for bony injuries when joint reduction and stability cannot otherwise be maintained. Residual extensor lag may persist despite appropriate treatment; a mean lag of 8.3° was reported at five-year follow-up. Patients should be counseled regarding splint adherence, skin irritation, and possible residual deformity.

2. Jersey finger

Jersey finger is an avulsion of the flexor digitorum profundus (FDP) tendon caused by forced hyperextension of the

DIP joint while the finger is actively flexing. The ring finger is most frequently affected. The hallmark clinical finding is loss of active DIP joint flexion. According to the level of tendon retraction, type I injuries retract into the palm; in type II, the tendon stump remains within the digital sheath with an intact vinculum longum; and in type III, a bony fragment remains attached to the tendon stump within the sheath. Timely identification of the injury pattern and degree of tendon retraction is important for planning tendon reinsertion or fixation of the avulsed fragment.

3. PIP Joint Volar Plate Avulsion

Hyperextension of the PIP joint may cause avulsion of the volar plate from its attachment. Differentiation from a dorsal fracture-dislocation is essential. Most stable injuries can be treated nonoperatively. When stability is uncertain, dorsal block splinting for approximately three weeks may be used while permitting active flexion exercises within the splint. Chronic volar plate insufficiency may lead to PIP hyperextension instability and swan-neck deformity; therefore, joint alignment and function should be monitored during follow-up.

4. PIP Joint Fracture-Dislocation

In dorsal PIP fracture-dislocations, the dorsal V-sign on the lateral radiograph is an important indicator of joint incongruity. Particular attention to instability is warranted when the fracture involves approximately 40% or more of the articular surface. If less than 40% of the surface is involved and a concentric reduction can be maintained with an extension block of 30° or less, dorsal block splinting with active flexion exercises may be appropriate. When more than 30° of flexion is necessary to maintain reduction, the risk of subsequent flexion contracture increases and operative stabilization should be considered. Potential sequelae include flexion contracture, angular deformity, and post-traumatic osteoarthritis.

5. PIP Joint Central Slip Avulsion

Rupture or bony avulsion of the central slip impairs active PIP joint extension and, if diagnosis is delayed, may lead to boutonnière deformity. Assessment of the extensor mechanism, including the Elson test, is important. Clinical findings, imaging features of bony avulsion, and examples of surgical reconstruction are used in this lecture to emphasize accurate localization of the injury and restoration of extensor mechanism function.

6. Finger Collateral Ligament Injuries

PIP joint collateral ligament injuries can be classified as grade I, with pain but no laxity; grade II, with some laxity but a firm endpoint; and grade III, with gross instability and no firm endpoint. More than 20° of angulation during lateral stress testing suggests complete collateral ligament disruption. Long-term impairment is more often related to joint stiffness than to residual instability. Clear evidence that routine surgical repair of these ligaments improves long-term stability or range of motion is lacking.

7. Thumb Collateral Ligament Injuries: UCL and RCL

Injury to the ulnar collateral ligament (UCL) of the thumb metacarpophalangeal (MCP) joint is common in skiing and ball-handling sports and typically occurs with sudden radial deviation or abduction of the thumb. A Stener lesion must be assessed because it may prevent healing of a completely torn UCL. Acute partial tears can be treated with a thumb spica cast or splint for approximately four weeks, while strenuous thumb activity should be avoided for about three months after injury. Surgical repair should be considered for complete tears or overt instability. In bony avulsions, the extent of articular involvement, displacement of 2 mm or more, and articular incongruity are important considerations in deciding whether fixation is required. Radial collateral ligament (RCL) injuries also require careful assessment of alignment and stability.

Conclusion

Management of sports-related finger injuries should not depend on fracture fragment size alone. Active tendon function, concentric joint reduction, and ligamentous stability on stress testing must be assessed together. Key findings that should not be overlooked include persistent extensor lag in mallet finger, loss of active DIP flexion in jersey finger, the dorsal V-sign and Elson test findings in PIP joint injuries, and a Stener lesion in thumb UCL injuries. The overarching goal is to balance adequate protection with timely mobilization while minimizing stiffness, deformity, and post-traumatic osteoarthritis.

Keywords Mallet finger; Jersey finger; PIP fracture-dislocation; Volar plate; Collateral ligament; Sports injury

References

1. Okafor B, Mbubaegbu C, Munshi I, Williams DJ. Mallet deformity of the finger. Five-year follow-up of conservative treatment. J Bone Joint Surg Br. 1997;79(4):544-547. [PubMed]
2. Crawford GP. The molded polythene splint for mallet finger deformities. J Hand Surg Am. 1984;9(2):231-237. [PubMed]
3. Kiefhaber TR, Stern PJ, Grood ES. Lateral stability of the proximal interphalangeal joint. J Hand Surg Am. 1986;11(5):661-669. [PubMed]
4. Moberg E, Stener B. Injuries to the ligaments of the thumb and fingers; diagnosis, treatment and prognosis. Acta Chir Scand. 1953;106(2-3):166-186. [PubMed]

김재수

학력

성균관대학교 의학과 학사

성균관대학교 의학과 석사

주요 경력

대한견주관절학회 정회원 및 보험위원회

대한관절경학회 정회원 및 보험위원회

현재 소속 및 직위

중앙대학교광명병원 정형외과 조교수

대표논문

1. Kim, J. S., Kim, S. H., Kim, S. C., Park, J. H., Kim, H. G., Lee, S. M., et al. (2023e). Effect of using a small baseplate on the radiological and clinical outcomes of reverse total shoulder arthroplasty in Asian patients. Bone Joint J, 105-b(11), 1189-1195.
2. Kim, J. S., Kim, S. C., Park, J. H., Kim, H. G., Kim, D. Y., Lee, S. M., et al. (2024b). Long-term Effectiveness and Outcome -Determining Factors of Arthroscopic Bankart Repair for Recreational Sports Population: An Assessment of 100 Patients With a Mean Follow-up of 12.7 Years. Am J Sports Med, 3635465231220838.
3. Kim, J. S., Kim, S. C., Park, J. H., Kim, H. G., Kim, D. H., Jung, H.-S., Lee, S. M., & Yoo, J. C. (2024). A Short-term clinical and radiologic outcomes of reverse total shoulder arthroplasty with navigation system in Asian population: A retrospective comparative study. JSES International.
4. Kim, J. S., Kim, S. C., Park, J. H., Kim, H. G., Jung, H. S., Lee, S. M., & Yoo, J. C. (2025). Midterm Functional Outcomes After Retear of an Arthroscopic Rotator Cuff Repair: A Propensity Score-Matched Comparative Study. Am J Sports Med, 3635465241305742. https://doi.org/10.1177/03635465241305742

견관절 탈구 및 골절 / Fracture Dislocation of Shoulder

중앙대광명병원

김재수

서론

전방 견관절 불안정성(anterior glenohumeral instability)은 운동선수에서 가장 흔한 손상 중 하나이며, bipolar bone loss에 대한 이해가 깊어지면서 치료 방침도 계속 진화하고 있다. 지난 10여 년간 수술적 의사결정의 중심에는 glenoid track 개념이 있었다. 이는 Hill-Sachs lesion이 전방 관절와 연(anterior glenoid rim)에 engage하는지 여부에 따라 on-track과 off-track으로 구분하는 것으로, 단독 arthroscopic Bankart repair 후 실패를 예측하는 능력을 크게 향상시켰다. 그러나 최근의 연구들은 on-track lesion이라고 해서 모두 안전한 것은 아님을 보여주고 있다. Glenoid track의 내측 경계에 근접한 병변, track의 상당 부분을 차지하는 병변, 상완골 두 적도(equator) 아래로 연장되는 병변은 재발 위험이 현저히 높다. 본 강의에서는 스포츠 관련 전방 불안정성의 역학과 병태해부, glenoid track 개념과 임상적 검증을 정리하고, 새롭게 제시되고 있는 high-risk on-track lesion 개념을 소개한 뒤, 이를 운동선수의 수술 적응증과 술식 선택 알고리즘에 통합하여 제시하고자 한다.

스포츠에서의 역학

미국 응급실 자료의 전국 대표 표본에서 견관절 탈구의 발생률은 10만 인년당 23.9건이었으며, 71.8%가 남성, 46.8%가 15세에서 29세였다. 전체 탈구의 48.3%가 스포츠 또는 레저 활동 중 발생하였고, 종목으로는 football과 basketball이 가장 많았다 [1]. 대학 운동선수를 대상으로 한 NCAA Injury Surveillance System 자료에서는 1,000 athlete-exposure당 0.12건의 glenohumeral instability event가 보고되었고, 남자 spring football에서 가장 높았으며, 연습보다 경기 중 발생률이 3.5배 높았다 [2]. 2009년부터 2014년까지의 collision sport만을 분석한 연구에서는 10만 athlete-exposure당 31.3건이었는데, 주목할 점은 subluxation이 전체의 59.1%를 차지하였고 anterior instability가 가장 흔했으며, 29.3%가 결국 수술을 받았다는 것이다. 완전 탈구는 손상당 평균 17.6일의 결장을 초래하였다 [3]. 이러한 자료는 운동선수에서의 불안정성이 완전 탈구보다 훨씬 넓은 범위의 손상이며, 상당수가 수술적 치료로 이어진다는 점을 시사한다.

병태해부: 진행성 bipolar injury

전형적인 손상 기전은 상지가 외전, 외회전, 신전된 상태에서 접촉 부하가 가해지는 것으로, 태클이나 팔을 뻗은 채 넘어지는 상황이 대표적이다. 이때 전하방 관절순(anteroinferior labrum)과 inferior glenohumeral ligament가 먼저 파열되어 Bankart lesion이 발생하고, 상완골 두

후상방이 관절와 연에 충돌하여 Hill-Sachs lesion이 만들어진다. 영상 및 관절경 소견을 분석한 체계적 문헌고찰과 메타분석에서 Hill-Sachs lesion의 통합 유병률은 첫 탈구 후 71%에서 재발성 탈구 후 85%로, Bankart lesion은 59%에서 66%로 증가하였다 [4]. ALPSA (anterior labroligamentous periosteal sleeve avulsion), HAGL (humeral avulsion of the glenohumeral ligament), bony Bankart lesion과 같은 변형 병변은 MRI에서 반드시 확인해야 한다. 핵심은 탈구가 반복될 때마다 관절낭 이완과 관절 양측의 골 소실이 누적된다는 점이다. 병리는 진행성이며, 따라서 확정적 치료의 시점이 최종적으로 필요한 술식에 영향을 미친다 [5].

Bipolar bone loss와 glenoid track

Glenoid track은 정상 관절와 폭의 83%에서 전방 관절와 결손의 폭을 뺀 값으로 정의된다. Hill-Sachs lesion의 내측 경계에서 회전근개 footprint 내측 경계까지의 거리인 Hill-Sachs interval이 glenoid track보다 크면 off-track lesion이며, 기능적 위치에서 관절와 연에 engage하게 된다 [8]. 이 개념의 첫 임상 검증 연구에서 단독 arthroscopic Bankart repair 후 실패율은 off-track에서 75%, on-track에서 8%였고, off-track lesion의 양성 예측도(75%)는 관절와 골 소실 20% 초과 기준의 양성 예측도(44%)보다 높았다 [10]. 한편 critical glenoid bone loss의 기준도 하향 조정되었다. Shaha 등은 관절와 골 소실이 13.5%를 넘으면 단독 Bankart repair의 결과가 저하됨을 보고하여 13.5%에서 20% 구간을 subcritical bone loss로 정의하였다 [9]. 이에 따라 국제 consensus는 모든 안정화 수술 전에 3D CT 또는 MRI로 관절와와 상완골 양측의 골 소실을 정량화할 것을 권고하고 있다 [5,6].

High-risk on-track lesion

Glenoid track 개념은 여전히 의사결정의 근간이지만, 최근 연구들은 on-track과 off-track의 이분법만으로 위험도를 충분히 반영할 수 있는지에 의문을 제기하고 있다. 서로 보완적인 세 가지 개념이 제시되었다.

Distance to dislocation. Li 등은 glenoid track에서 Hill-Sachs interval을 뺀 값을 distance to dislocation (DTD)으로 정의하고, DTD가 8 mm 미만인 on-track lesion을 near-track lesion으로 명명하였으며, 이 경우 arthroscopic Bankart repair 후 실패율이 높다고 보고하였다 [11]. 이어 Barrow 등은 on-track lesion 188례를 분석하여 DTD가 10 mm 아래로 감소할수록 재탈구 위험이 지수적으로 증가하며, collision athlete에서는 DTD 약 24 mm까지도 위험이 높게 유지됨을 보고하였다 [12]. 가장 최근에는 on-track lesion과 20% 미만의 관절와 골 소실을 가진 환자에서 단독 arthroscopic Bankart repair 후 10년 추시 결과가 발표되었는데, 재발성 불안정성이 31%, 재수술이 15%에서 발생하였다. DTD 10 mm 이하의 near-track lesion은 재수술이 필요했던 환자에서 유의하게 더 흔했으며(50% 대 15%), 젊은 연령과 collision sport 참여가 재발의 독립적 예측 인자였다 [16].

Peripheral-track lesion. Yamamoto 등은 Hill-Sachs interval이 glenoid track에서 차지하는 비율에 따라 on-track lesion을 세분하였다. Track의 75% 이상을 차지하는 병변을 peripheral-track lesion으로 정의하였고, 이는 central-track lesion에 비해 arthroscopic Bankart repair 후 재발률이 높았다 [13]. 이후 Itoi는 peripheral-track과 near-track 개념을 통합하여 subcritical bone loss 개념을 상완골측에도 적용한 새로운 틀을 제시하였다 [14].

Inferior craniocaudal extension. Cong 등은 시상면 MRI에서 Hill-Sachs lesion의 상하 위치를 분석하였다. 병변이 상완골 두의 적도 아래로 연장됨을 의미하는 lower-edge angle 90도 초과는 일차 arthroscopic Bankart repair 후 재발성 불안정성(odds ratio 3.29) 및 재탈구(odds ratio 4.80)와 독립적으로 연관되었다 [15]. 이는 Hill-Sachs lesion의 위험도가 내외측 크기뿐 아니라 상하 위치에 의해서도 결정됨을 시사한다.

이러한 연구들의 임상적 의미는 near-track, peripheral-track, 또는 하방으로 연장된 on-track lesion을 가진 운동선수에서 remplissage 추가의 문턱을 낮추어야 한다는 것이다. On-track lesion과 20% 미만의 관절와 골 소실을 가진 환자만을 대상으로 한 체계적 문헌고찰에서, Bankart repair에 remplissage를 추가한 경우 단독 Bankart repair보다 재발성 불안정성의 범위가 낮았고 외회전 소실은 미미하였다 [17]. 또한

Instability Severity Index Score에 Hill-Sachs interval 대 glenoid track 비율을 결합한 복합 위험 모델도 제시되어 환자별 예측을 정교화하고 있다.

자연 경과와 시즌 중 운동선수

첫 탈구 시 연령은 재발의 가장 강력한 예측 인자이다. 젊은 환자에서 체계적 문헌고찰 자료는 비수술적 치료 후 재발률 46%, 수술적 안정화 후 7%(2년 추시), 장기 추시에서는 58% 대 10%를 보고하였다 [5]. 시즌 중 비수술적으로 치료한 운동선수를 대상으로 한 전향적 다기관 연구에서 73%가 중간값 10일 이내에 복귀하였으나, 64%가 같은 시즌 중 재발성 불안정성을 경험하였다 [18]. 따라서 합리적인 시즌 중 치료 경로는 짧은 sling 고정 후 조기 관절운동, MRI를 통한 골 소실과 capsulolabral pathology 확인, 통증 없는 완전한 관절운동 범위와 대칭적 근력 및 만족스러운 기능 검사를 확인한 후 복귀, 재발 위험에 대한 명확한 설명, 그리고 시즌 종료 후 계획된 확정적 안정화 수술로 구성된다 [5,18].

수술 적응증과 치료 알고리즘

국제 consensus에 따르면, 첫 탈구 후 조기 안정화 수술은 contact 또는 collision sport에 참여하는 25세 미만의 운동선수, bony Bankart lesion이나 off-track Hill-Sachs lesion 또는 측정 가능한 관절와 골 소실이 있는 경우, overhead athlete 또는 기능적 기대치가 높은 환자에서 고려해야 한다. 재발성 불안정성은 수술의 적응증이다 [5]. 술식 선택은 주로 골 소실에 의해 결정되며, 저자는 다음과 같은 알고리즘을 제안한다. 관절와 골 소실이 13.5% 미만이고 DTD가 10 mm를 초과하는 on-track lesion이면 단독 arthroscopic Bankart repair가 적절하다. 관절와 골 소실이 13.5% 미만이면서 near-track, peripheral-track, 하방 연장, 또는 off-track lesion이면 Bankart repair에 remplissage를 추가한다. 13.5%에서 20%의 subcritical 구간에서는 Bankart repair with remplissage 또는 Latarjet procedure를 선택할 수 있으며, collision athlete와 재수술에서는 Latarjet procedure가 선호된다. 관절와 골 소실이 20%를 초과하거나 이전 repair가 실패한 경우에는 Latarjet procedure 또는 free bone block reconstruction이 적응증이다 [5,6,8,11].

술식별 근거

Arthroscopic Bankart repair. 적절히 선택된 환자에서 arthroscopic Bankart repair 후 재발률은 약 6%에서 10%이다. Consensus는 관절와 면에 최소 3개의 suture anchor를 5에서 8 mm 간격으로 삽입하고, inferior glenohumeral ligament의 장력을 회복하기 위한 capsular shift를 시행하며, 변형 병변을 인지할 것을 권고한다. 20세 미만, contact sport, hyperlaxity, 13.5% 초과의 관절와 골 소실, off-track lesion은 확립된 실패 위험 인자이다 [5,9,10].

Remplissage. Hill-Sachs 결손부에 극하근(infraspinatus)을 tenodesis하여 off-track lesion을 on-track lesion으로 전환하는 술식이다. Off-track lesion과 subcritical 관절와 골 소실을 가진 환자에서 Yang 등은 Bankart repair with remplissage와 modified Latarjet procedure 모두 전반적으로 만족스러운 결과를 보였고 합병증은 Latarjet에서 많았다고 보고하였다. 그러나 관절와 골 소실이 15%를 초과하면 재발률이 remplissage 28.6% 대 Latarjet 6.1%였으며, collision athlete와 재수술 례에서 remplissage의 재발 odds가 높았다 [19]. 관절와 골 소실과 Hill-Sachs 폭을 합산한 total bone loss score도 제안되었는데, total bone loss가 25% 미만이면 Bankart repair with remplissage가 Latarjet과 동등한 결과를 보였다 [20].

Latarjet procedure. Latarjet procedure는 골성 보강, conjoint tendon의 sling effect, 관절낭 봉합을 통해 관절을 안정화하며, network meta-analysis에서 모든 술식 중 재발률이 가장 낮았다. 적응증은 20% 초과의 관절와 골 소실, 이전 안정화 수술의 실패, collision athlete이다 [6]. 합병증은 10%에서 15%에서 발생하며 graft lysis, screw 관련 문제, 신경 손상이 포함되고, Bankart repair 실패 후 시행한 Latarjet은 일차 Latarjet보다 재발률이 약 두 배이다 [6]. 10%에서 20%의 관절와 골 소실을 가진 환자에서 Bankart repair with remplissage와 Latarjet procedure를 비교하는 다기관 무작위 대조 연구(STABLE)가 진행 중이며, subcritical bone loss의 최적 치료를 규명할 것으로 기대된다 [21].

스포츠 복귀

비교 연구들의 체계적 문헌고찰에서 arthroscopic Bankart repair(61%에서 94%)와 open Latarjet(72%에서 97%) 간 스포츠 복귀율과 복귀 시기에 유의한 차이는 없었으며, 이는 collision athlete에서도 마찬가지였다. 다만 재발률은 Latarjet 후 더 낮았다 [22]. 통합 자료에서는 arthroscopic Bankart repair 후 97.5%가 평균 5.9개월, Bankart repair with remplissage 후 95.5%가 7개월, open Latarjet 후 83.6%가 5.1개월에 스포츠에 복귀하였다 [23]. Consensus의 스포츠 복귀 기준은 수술 후 최소 4에서 6개월, 완전한 관절운동 범위와 근력의 회복, apprehension의 소실이다 [7]. 따라서 스포츠 복귀율은 술식 간 유사하며, 술식 간 차이는 주로 재발률에서 나타난다.

결론

견관절 탈구의 약 절반은 스포츠 중에 발생하며, collision athlete에서는 subluxation이 탈구보다 많다. 병리가 진행성이므로 모든 안정화 수술 전에 bipolar bone loss를 정량화해야 한다. On-track이라는 사실만으로는 더 이상 단독 Bankart repair의 성공을 보장할 수 없다. DTD 10 mm 미만, peripheral-track lesion, Hill-Sachs lesion의 하방 연장은 high-risk on-track lesion을 규정하는 소견이며, 특히 젊은 collision athlete에서는 remplissage 추가를 적극적으로 고려해야 한다. 젊은 contact athlete에서는 조기 안정화 수술이 정당화되며, Bankart repair, remplissage, Latarjet procedure의 스포츠 복귀율은 유사하지만 재발률은 서로 다르므로 이것이 술식 선택의 기준이 되어야 한다.

참고문헌

1. Zacchilli MA, Owens BD. Epidemiology of shoulder dislocations presenting to emergency departments in the United States. J Bone Joint Surg Am. 2010;92:542-549.
2. Owens BD, Agel J, Mountcastle SB, Cameron KL, Nelson BJ. Incidence of glenohumeral instability in collegiate athletics. Am J Sports Med. 2009;37:1750-1754.
3. Trojan JD, Meyer LE, Edgar CM, Brown SM, Mulcahey MK. Epidemiology of shoulder instability injuries in collision collegiate sports from 2009 to 2014. Arthroscopy. 2020;36:36-43.
4. Rutgers C, Verweij LPE, Priester-Vink S, van Deurzen DFP, Maas M, van den Bekerom MPJ. Recurrence in traumatic anterior shoulder dislocations increases the prevalence of Hill-Sachs and Bankart lesions: a systematic review and meta-analysis. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2022;30:2130-2140.
5. Hurley ET, Matache BA, Wong I, et al. Anterior shoulder instability part I: diagnosis, nonoperative management, and Bankart repair. An international consensus statement. Arthroscopy. 2022;38:214-223.
6. Hurley ET, Matache BA, Wong I, et al. Anterior shoulder instability part II: Latarjet, remplissage, and glenoid bone-grafting. An international consensus statement. Arthroscopy. 2022;38:224-233.
7. Matache BA, Hurley ET, Wong I, et al. Anterior shoulder instability part III: revision surgery, rehabilitation and return to play, and clinical follow-up. An international consensus statement. Arthroscopy. 2022;38:234-242.
8. Di Giacomo G, Itoi E, Burkhart SS. Evolving concept of bipolar bone loss and the Hill-Sachs lesion: from engaging/non-engaging lesion to on-track/off-track lesion. Arthroscopy. 2014;30:90-98.
9. Shaha JS, Cook JB, Song DJ, et al. Redefining critical glenoid bone loss in anterior shoulder instability: the glenoid track concept and subcritical bone loss. Am J Sports Med. 2015;43:1719-1725.
10. Shaha JS, Cook JB, Rowles DJ, Bottoni CR, Shaha SH, Tokish JM. Clinical validation of the glenoid track concept in anterior glenohumeral instability. J Bone Joint Surg Am. 2016;98:1918-1923.

11. Li RT, Kane G, Drummond M, et al. On-track lesions with a small distance to dislocation are associated with failure after arthroscopic anterior shoulder stabilization. J Bone Joint Surg Am. 2021;103:961-967.
12. Barrow AE, Charles SJC, Issa M, et al. Distance to dislocation and recurrent shoulder dislocation after arthroscopic Bankart repair: rethinking the glenoid track concept. Am J Sports Med. 2022;50:3875-3880.
13. Yamamoto N, Shinagawa K, Hatta T, Itoi E. Peripheral-track and central-track Hill-Sachs lesions: a new concept of assessing an on-track lesion. Am J Sports Med. 2020;48:33-38.
14. Itoi E. Glenoid track and subcritical Hill-Sachs lesion. JSES Int. 2024;8:644-649.
15. Cong T, Charles S, Reddy RP, et al. Defining critical humeral bone loss: inferior craniocaudal Hill-Sachs extension as predictor of recurrent instability after primary arthroscopic Bankart repair. Am J Sports Med. 2024;52:181-189.
16. Dadoo S, Williams TC, Lin RT, et al. Long-term outcomes following instability after isolated arthroscopic Bankart repair for on-track Hill-Sachs lesions with <20% glenoid bone loss. Orthop J Sports Med. 2026;14(4).
17. Villarreal-Espinosa JB, Berreta RS, Cotter EJ, et al. Lower range of recurrent instability rates following Bankart repair and remplissage compared to isolated Bankart repair in patients with nonengaging/on-track Hill-Sachs lesions and <20% glenoid bone loss: a systematic review. Arthroscopy. 2025;41:1134-1146.
18. Dickens JF, Owens BD, Cameron KL, et al. Return to play and recurrent instability after in-season anterior shoulder instability: a prospective multicenter study. Am J Sports Med. 2014;42:2842-2850.
19. Yang JS, Mehran N, Mazzocca AD, Pearl ML, Chen VW, Arciero RA. Remplissage versus modified Latarjet for off-track Hill-Sachs lesions with subcritical glenoid bone loss. Am J Sports Med. 2018;46:1885-1891.
20. Gereli A, Yozgatli TK, Yilmaz E, Gamli A, Bayram B, Kocaoglu B. Glenoid bone loss and Hill-Sachs width percentage score are useful to select optimal operation for the treatment of glenohumeral instability in overhead athletes. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2025;33:371-380.
21. Khan M, Ekhtiari S, Fletcher M, et al. Multicentre randomised controlled trial comparing Bankart repair with remplissage and Latarjet procedure in shoulder instability with subcritical bone loss (STABLE): study protocol. BMJ Open. 2024;14:e089831.
22. Hurley ET, Danilkowicz RM, Paul AV, et al. Majority of studies show similar rates of return to play after arthroscopic Bankart repair or Latarjet procedure: a systematic review. Arthroscopy. 2024;40:515-522.
23. Memon M, Kay J, Cadet ER, Shahsavar S, Simunovic N, Ayeni OR. Return to sport following arthroscopic Bankart repair: a systematic review. J Shoulder Elbow Surg. 2018;27:1342-1347.

임수민

학력

아주대학교 의학과 학사

아주대학교 의과대학 대학원 의학과 석사 및 박사

주요 경력

사단법인 대한스포츠의학회 기획위원회 간사, 총무위원회 부총무

대한슬관절학회 홍보전산위원회 위원, 심사위원

대한정형외상학회 보험위원회 위원, 심사위원

아주대학교 병원 정형외과 진료조교수

아주대학교 병원 정형외과 임상강사 (슬관절)

현재 소속 및 직위

2025.3~현재 아주대학교 병원 정형외과 조교수

대표논문

1. Suprapatellar intramedullary nail combined with screw fixation has comparable surgical outcomes to minimally invasive locking plate fixation in ipsilateral tibial plateau and shaft fractures. Arch Orthop Trauma Surg. 2024;144:673–681. (제1저자)
2. Comparison of suprapatellar intramedullary nailing versus minimal invasive locked plating for proximal tibia fractures. Arch Orthop Trauma Surg. 2023;143:7009–7017. (제1저자)
3. Rigid intramedullary nailing with suprapatellar approach for tibial shaft fractures in adolescents with open physes. Injury. 2026;57(4). (교신저자)

경골 고평부 골절 / Tibial Plateau Fracture

아주대병원

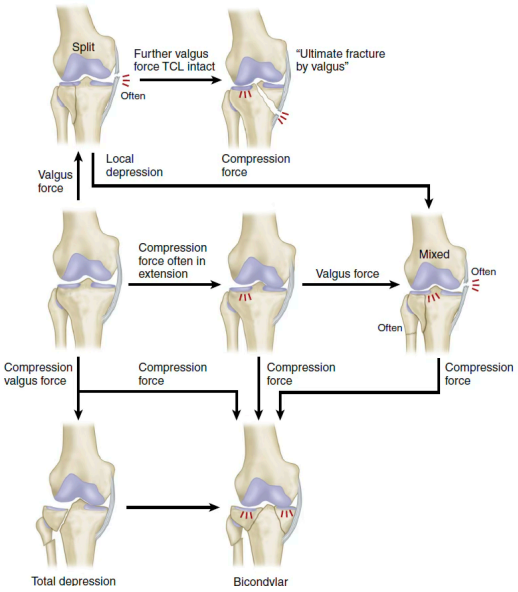
임수민

Introduction

경골 고평부 골절은 슬관절의 관절면의 손상을 포함하는 골절로 수상 당시의 원인 외력에 따라서 다양한 형태로 나타나게 된다. 단순 골절에서 심한 분쇄 골절까지 그 분류에 따라 치료 방침 및 예후가 다양하다. 경골 고평부는 경골 근위부의 관절면을 말한다. 내측 및 외측 고평부로 나뉘며 내측 및 외측 대퇴과 관절면과 관절을 이루어 슬관절을 형성한다. 두 고평부 사이에는 관절면을 만들지 않는 부분이 있는데 이를 경골 과간융기 (intercondylar eminence)라고 하고 그 외에 경골조면(tibial tuberosity) 및 과하부(subcondylar area)가 있다. 경골 과간융기에는 내측 및 외측의 두 개의 경골극이 있으며, 내측 및 외측 반월연골판은 대퇴과와 경골 고평부 사이에서 체중 부하의 중요한 역할을 한다.

1. 해부학 및 손상기전

고평부는 시상면에서 7도 내지 15도 후하방 경사를 이루며 관상면에서는 경골 간부 장축과 거의 직각을 이루나 외 측 고평부가 내측보다 더 높기 때문에 3도의 내측 경사를 보이게 된다. 외측 고평부는 내측보다 작고 볼록하며 내측 고평부는 더 크고 오목하다. 이러한 모양의 특성 때문에 측면 방사선 소견상 내측 고평부는 전방부가 더 예각을 이루며 윗면은 오목하고, 외측 고평부는 이와 반대로 전방부는 둔 각을 이루고 윗면은 볼록하게 보임으로서 구별할 수 있다. 정상 슬관절에서도 내측이 외측보다 더 체중부하가 많으며 내측고평부의 골이 더 치밀하기 때문에 골절이 덜 일어난다. 순수한 외반력은 분리골절(split fracture), 설상골절(wedge fracture)을 일으키고, 순수한 압박력은 압박골절(compression fracture), 압궤골절(crush fracture)을 일으키며 분쇄나 함몰을 동반한다. 내반력에 의한 골절은 내측고평부 전체를 침범하거나 외측고평부를 일부 포함한 골절 및 탈구의 형태로 나타난다. 내측고평부의 골절이 발생했을 때는 고에너지손상에 의한 것으로 추정하고 측부인대나 신경 및 혈관 등 연부조직의 동반 손상을 더 세밀하게 살펴보아야 한다. 경골고평부골절은 대부분 하지가 체중을 부하하는 자세에서 발생하게 되어 축부하의 압박력이 클수록 심한 골절 양상을 보이게 되며, 내외반력보다 축성 압박력이 우세한 경우에는 내외측고평부를 모두 침범하는 양과골절이 발생하게 된다. 경골근위부에 강한 직접 가격으로 인한 손상(bumper injury)은 골간단부에 축성 압박과 굴곡력(bending force)으로 작용하여 고평부와 골단 분리형 골절을 유발하며, 개방성 골절, 신경 및 혈관손상, 급성 구획증후군 등의 심한 연부조직의 손상을 유발할 수 있다.



2. 진단

골절의 일반적인 징후인 압통, 부종, 변형, 가성운동 및 마찰음이 나타날 수 있고, 관절을 침범한 골절에서는 혈관절증이 나타나기도 한다. 신경손상은 흔하지 않으나 반드시 확인하여야 하며 슬와동맥손상 등 하지의 혈관장애 유무도 확인하여야 한다. 연부조직의 손상이 심하여 종창, 수포 등이 발생한 경우 조기에 내고정을 시행하면 피부 및 연부조직 괴사의 위험성이 높아진다. 이런 경우 외고정으로 골절 부위를 임시로 고정하고 연부조직의 상태가 좋아질 때까지 기다린 후 내고정으로 전환하는 단계적 치료를 고려하여야 한다. 특히 골간단 및 골간의 분리골절, 골절-탈구형태의 골절에서는 신경 및 혈관손상 등의 동반 손상의 위험성이 높아 주의가 요구된다. 경골고평부골절의 약 10% 정도에서 급성 구획증후군이 동반되기 때문에 연부조직에 대한 면밀한 진찰로 중요한 합병증 발생을 조기에 발견하고 조치를 취해야 한다.

1) 영상검사

단순방사선 사진의 전후 및 측면 영상으로 대부분의 골절을 진단할 수 있으나, 전위가 심한 경우에는 견인한 상태에서 영상을 촬영하는 것이 골절양상을 파악하는데 도움이 되며 사상영상(oblique view), 고평부영상(plateau view)도 도움이 될 수 있다. 고평부영상은 경골고평부의 관절면을 잘 보기 위해 경골고평부의 수평에서 각을 주어 촬영하며 근위전방에서 원위후방으로 약 10-15도 정도 기울여 촬영한다.

단순방사선 사진만으로는 골절이 놓쳐지는 경우가 종종 있으며 명확한 손상범위, 전위 정도, 관절내 골절의 양상 등을 평가하기 위해서 컴퓨터단층촬영(CT) 영상이 중요하다. 골절 양상에 대한 정확한 이해는 수술적 치료에 있어서 접근법과 고정 방법을 결정하는 데 매우 중요하며 삼차원 재구성 영상(three demensional image reconstruction)은 골절 양상을 세밀하게 파악하는 데 도움이 되고 있다.

경골고평부골절에서 슬관절 내부 또는 주변 조직의 동반 손상이 드물지 않기에 자기공명영상을 통해 연부조직의 손상을 포함한 인대 및 반월연골판손상을 정확하게 평가할 수 있으며 이를 통해 수술전 계획 수립과 예후를 판단하는데 도움을 줄 수 있다.

3. 분류

일반적으로 AO/OTA 분류법과 Schatzker 분류법이 대표적으로 사용되고 있으며 주로 전후 방사선영상을 기반으로 골절을 분류하고 있다. AO/OTA 분류법은 Schatzker 분류법에 비해 경골 근위부골절에서 관절내골절과 관절외골절을 구분하여 분류할 수 있는 장점이 있다. AO/OTA 분류법의 다른장점으로 경골내과골절을 나누는 아형(subtype)이 여러 개 있어서 임상적으로 구분해서 치료해야 하는 골절을 분류할 수 있다. 또한 관절면의 완전 골절인 C형에서골간과 관절면의 분쇄 정도를 구분함으로써 치료와 예후를 예측하기 용이하고, 고에너지손상 시 중증도를 잘 반영한다.

Schatzker 분류법은 가장 기본적이고 보편적으로 사용하는 분류법으로 경골고평부골절을 6가지형으로 구분하고 있다. 제I, II, III형은 경골외과에 국한된 골절로 비교적 저에너지손상인 경우가 많으며, 제IV, V, VI형은 고에너지손상으로 발생하는 경우가 많아 골절의 불안정성과 더불어 동반된 연부조직의 손상이 흔하여 치료가 어렵고 예후가 나쁘다.

최근에는 후방지주골절(posterior column fracture)을 반영하는 삼지주 분류법(3 column classicification)이 제안되어 유용하게 사용되고 있다.

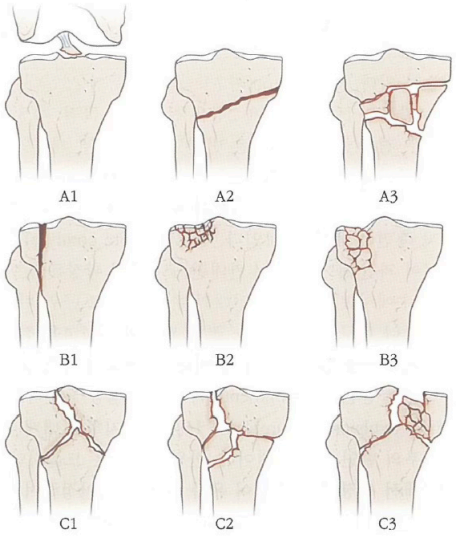
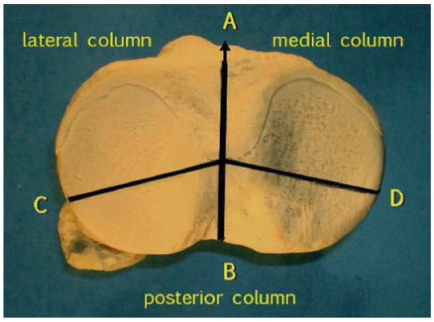


그림 XII-14. AO/OTA에 의한 경골 고평부 골절의 분류.



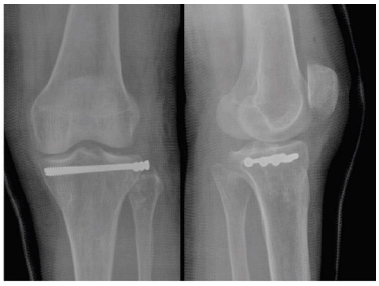
4. 골절의 치료

과거에는 견인치료와 석고붕대고정을 선호하기도 하였으나, 최근에는 관절면의 해부학적 정복, 하지정렬의 해부학적 회복, 조기관절운동이 중요시되고, 수술적 접근법 및 내고정의 발전으로 수술적 치료 시 이전에 비하여 향상된 결과들이 보고되고 있다. 경골고평부골절에서 관절면의 정복과 함께 중요한 요소는 하지정렬의 회복이다. 고에너지 손상일수록 연부조직의 손상이 심하기 때문에, 외고정을 사용하여 견인을 하여 고정하면 인대신연(ligamentotaxis)에 의해 전위된 골편의 임시적인 정복 및 연부조직 안정화에 도움이 되고 연부조직 안정화되는 시점에 내고정을 계획한다. 수상 직후 과도한 타박, 종창 또는 수포가 있다면 이런 증상들이 사라진 후 피부의 주름이 생길 때(wrinkle sign) 수술을 시행하는 것이 안전하다. 그러나 골간단의 해면골에 발생한 골절이기 때문에 가골이 빠르게 생성되고, 3-4주 후면 해부학적 정복이 어려울 정도로 골절선이 불 분명해진다. 그러므로 종창은 가라앉고 가골은 생기기 전에 시행하는 것이 이상적이며 만일 수술이 지연될 것으로 예상되면 경피적 고정이나 보존적 치료를 고려해야 한다.

1) 수술 방법

(1) 경피적 내고정

개방성 골절, 오염된 창상, 고령 환자 등에서 관혈적으로 수술이 어려운 경우 쓰일 수 있다.



(2) 관혈적 정복 및 내고정

고평부 골절의 형태에 따라, 혹은 술자의 손호도와 피부 상태에 따라 여러가지 도달법이 각각 혹은 함께 사용된다. 근래에는 부피가 작은 내고정물이 선호되고 있으며, T형, L형, 직선, 하키스틱 등 다양한 모양의 금속판을 골절 양상에 따라 선택한다. 관절면 함몰이 있어 직접적인 관절면의 노출이 필요한 경우에는 반월연골판하도달법(submeniscal approach)이 관절면의 노출 및 정복에 용이하다. 관절면 함몰의 정복은 분리된 골절선을 벌려 골편 사이로 접근하거나 함몰된 부위 하방에서 임팩터를 이용하여 함몰된 골절을 정복할 수 있다.

① 전외측도달법(anterolateral approach)

② 내측 혹은 후내측도달법(posteromedial approach)

③ 후방도달법(posterior approach)



(3) 동반 손상의 치료

반월연골판손상은 원칙에 따라 봉합하거나 변연절제술을 시행한다. 측부인대파열은 내측측부인대파열이 흔한데 대개의 경우 봉합하지 않아도 잘 치유된다. 십자인대는 견열골절이 흔하며 정복하여 고정한다.

5. 합병증

(1) 감염

관절 내 감염으로 발전할 수 있어 심각하다. 고에너지 손 과 개방성 골절뿐만 아니라 수술 도중의 요인에 의해서도 감염이 발생할 수 있다. 특히 수술의 시점, 수술의 도달 법과 수술 술기도 중요한데 연부조직의 안정화가 보이지 않는 너무 이른 시기에 수술을 하는 경우와 광범위 전방 접근법으로 고식적인 금속판을 내측과 외측에 이중으로 사용하는 경우 등에서 수술 시 연부조직 손상을 많이 주게 되는 데 이런 상황은 특히 감염에 취약함을 염두에 두어야 한다. 종창이 심하거나 수포가 있는데도 무시하고 관혈적 정복을 한다든지, 광범위한 개방과 골막 박리, 너무나 가까운 거리에 두 개의 절개를 가한다 든지, 연부조직 상태가 좋지 않은 데도 너무 일찍 운동을 실시한다 든지 하는 것들도 감염의 기회를 높인다. 조기 천부 감염이 발생하면 심부 감염으로 진행되지 않도록 감수성 있는 항생제를 찾아 사용하고, 심부 감염이 발생하면 변연절제술과 세척으로 감염이 장기 화하지 않도록 하며 관절 내 감염이 의심되면 즉시 개방하여 화농성 관절염으로 진행되지 않도록 조치하여야 한다. 고정물이 안정되어 있으면 그대로 두되 변연절제술과 세척을 철저히 하고 불안정한 고정물이나 감염이 장기화되면 고정물은 제거하고 외고정 장치를 사용한다.

(2) 관절 강직

고에너지 손상후에 특히 많이 생기는 합병증이다. 가장 중요한 건 예방으로, 조기에 관절 운동을 시작해야 하며, 이를 위해서는 수술 시 견고한 고정이 필수적이다. 조기 대 퇴 사두근 등척 운동은 관절 용적을 증가시켜 유착을 방지하는데 기 여하고 근 위축을 막으며 골절 고정에 영향이 거의 없으므로 조기에 실시하는 것이 바람직하다. 관절 강직 이 발생하였다면 유합 후 물리치료를 시행하고, 호전이 없는 경우에는 마취하 수동적 조작술, 유착 박리술 등을 시도해 볼 수 있으나 어느 정도의 관절 운동 제한이 남을 수 있음을 미 리 환자에게 고지하여야 한다.

(3) 외상후관절염

관절 주위 골절이므로 골절의 특성상 관절 내 연골을 포함한 연부 조직의 손상이 흔하게 동반되므로 외상후관절염이 발생하기 쉬우며 해부학적 정복을 달성한 경우에도 발생할 수 있다. 고령의 환자는 더 흔히 관절염으로 진행하는 것으로 알려져 있고, 비교적 젊은 환자에서도 골절 후 평균 7.6년 후에 44%에서 관절염이 발생하였다는 보고가 있으며, 10도 이상의 외반변형, 반월연골판 절제술 후, 관절 불안정성이 있으면 관절염의 발생 빈도가 증가한다고 하여 주의를 요한다.

(4) 부정정렬 및 불유합

경미할 경우 외반 부정정렬이 내반 부정정렬보다 예후 가 좋다. 시상면에서도 발생할 수 있어 과도하거나 모자라는 후방 경사를 보이게 되고 굴곡 신전 운동 범위도 비정상적으로 된다. 절골술, 변형 교정술 및 관혈적 정복 및 내 고정술 등으로 치료할 수 있다. 만약 수상 시점에 심한 골소실이 있거나 연부조직 손상이 심한 경우는 처음 치료부터 골 이식을 고려하는 것도 한 방법이다. 수술 후 추시 기간에 불유합이 의심되면 역시 자가골이식을 고려하거나 고정 방법에 문제가 있는 경우는 고정 장치 제거 후 견고한재고정 및 골 이식을 시행해야 한다.

Reference

1. Gosling T, Schandelmaier P, Muller M, Hankemeier S, Wagner M, Krettek C. Single lateral locked screw plating of bicondylar tibial plateau fractures. Clin Orthop Relat Res. 2005;439:207-14.
2. Luo CF, Sun H, Zhang B, Zeng BF. Three-column fixation for complex tibial plateau fractures. J Orthop Trauma. 2010;24:683-92.
3. Marsh JL, Slongo TF, Agel J, Broderick JS, Creevey W, DeCoster TA, Prokuski L, Sirkin MS, Ziran B, Henley B, Audige L. Fracture and dislocation classification compendium - 2007: Orthopaedic Trauma Association classification, database and outcomes committee. J Orthop Trauma. 2007;21:S1-133.
4. Mthethwa J, Chikate A. A review of the management of tibial plateau fractures. Musculoskelet Surg. 2018;102:119-27.
5. Mui LW, Engelsohn E, Umans H. Comparison of CT and MRI in patients with tibial plateau fracture: can CT findings predict ligament tear or meniscal injury? Skeletal Radiol. 2007;36:145-51.
6. Pulfrey S, Lahiffe B. Two fractures of the lower extremity not to miss in the emergency department. Can Fam Physician. 2013;59:1069-72.
7. Ruth JT. Fractures of the tibial plateau. Am J Knee Surg. 2001;14:125-8.
8. Schatzker J, McBroom R, Bruce D. The tibial plateau fracture. The Toronto experience 1968--1975. Clin Orthop Relat Res. 1979:94-104.
9. Tejwani NC, Hak DJ, Finkemeier CG, Wolinsky PR. High-energy proximal tibial fractures: treatment options and decision making. Instr Course Lect. 2006;55:367-79.
10. Tornetta, Paul, III. Rockwood and Green's fractures in adults, 9th edition. Philadelphia: Wolters Kluwer.
11. Frederick M Azar. Campbell's Operative Orthopaedics, 14th Edition. Philadelphia: Elsevier.
12. 유재두 외. 슬관절학 3판. 서울: 영창. 2019.
13. 석세일 외. 정형외과학 8판. 서울: 최신의학사. 2020.

여의동

학력

계명대학교 의학과 학사

고려대학교 의과대학원 정형외과학 석사

고려대학교 의과대학원 정형외과학과 박사수료

주요 경력

2023.11 대한스포츠의학회 travelling fellowship, Teikyo University institute

2024.8 ~2025.8 Shiley center for orthopaedic research and education, San Diego

2026.5 Trailand travelling fellowship, Bhumibol Adulydadek Hospital

현재 소속 및 직위

중앙보훈병원 정형외과 부장

대표논문

1. Lee YK, Darryl D'Lima, Kim WJ, Lee HS,Cho WJ, Yeo ED Repair of deltoid ligament distruption in bimalleolar equivalent fractures: A cadaveric study Clin Orthop Surg. 2025 Oct;17(5):884-890
2. Lee YK, Oh YS, Lee DK, Lee MJ, Song YN, Lee HS, Yeo ED Evaluation of contact area and pressure after malreduction in isolated medial malleolar fractures with 2mm of displacement : A cadaveric study J Foot Ankle Surg 2023 Sep-Oct;62(5):774-778
3. Yeo ED, Cho WJ, Yoon YS, Lee CE, Cha JG, Lee YK Determining the feasibility of arthroscopic anterior talofibular ligament repair utilizing a novel classification system J Foot Ankle Surg 2022Dec

발목 골절 / Lateral and Medial Malleolar Fracture

중앙보훈병원
여의동

서론

외측 및 내측 복사뼈 골절은 정형외과 의사가 가장 흔히 치료하는 골절 중 하나이며, 발목관절은 체중부하 관절 가운데 가장 자주 손상되는 관절이다. 발목 골절은 응급실 방문의 주요 원인이고, 단순한 낙상부터 고에너지 교통사고까지 다양한 기전으로 발생한다. 1950년대 이후 그 빈도가 증가했으며, 특히 고령 인구의 수명 연장과 활동량 증가로 노인에서 골절의 중증도가 높아지는 경향이 보고되었다.

발목 골절은 대부분 저에너지 회전 손상으로 발생하여 pilon 골절보다 외상후 관절염 발생률이 낮다. 그러나 손상 양상은 안정된 단독 외측복사뼈 골절부터 인대 손상을 동반한 복잡한 불안정 골절까지 연속적인 스펙트럼을 이루므로, 모든 경우를 '단순한 발목 골절'로 간주해서는 안 된다. 또한 수술적 치료는 감염, 창상 문제, 증상성 금속 등 적지 않은 합병증을 동반하므로 '처음부터 올바르게' 치료하는 것이 결과를 좌우한다.

치료의 근본 목표는 거골을 경골 천장(mortise) 아래 해부학적 위치에 정복하고 유합될 때까지 유지하는 것이다. 이 목표를 달성하는 방법은 지난 30년간 크게 변화하였다. 1970년대 중반 이후 수술적 치료가 확대되었으나, 이후 생체역학 연구와 임상 연구가 축적되면서 단독 외측복사뼈 골절의 수술적응증, 내측 손상의 진단과 처치, 비골 고정 방법, 술후 체중부하 시점 등에 대한 기존 개념이 재검토되고 있다.

본 초록은 첨부된 6편의 문헌(Michelson 1995, Clare 2008, Del Buono 2013, Toth 2017, White & Carter 2018, Tansey 2023)을 바탕으로 외측 및 내측 복사뼈 골절의 생체역학, 분류와 안정성 진단, 단독 외측복사뼈 골절, 내측복사뼈 골절과 삼각인대 손상, 양과 골절의 치료, 그리고 술후 관리와 예후에 관한 현재의 근거를 정리하였다.

해부학과 생체역학

경거관절은 장부이음(mortise and tenon)에 비유되는 구조로, 거골 돔은 경골 천장 아래에서 내·외측 복사뼈라는 골성 구조와 경비인대결합 및 삼각인대라는 인대 구조에 의해 안정된다. 체중부하 시 하중의 80–90%는 경골 천장에서 거골 돔으로 전달되고, 정상적으로 약 17%는 비골을 통해 근위부로 전달된다. 관절에 걸리는 힘은 보행 시 체중의 약 1.5배, 격렬한 활동 시 5.5배 이상에 이르며, 작은 접촉 면적에 큰 하중이 집중되므로 관절 적합성의 유지가 관절의 장기 생존에 결정적이다.

외측복사뼈(비골)는 거골의 외측 전위를 막는 기둥(post)으로 작용한다. Ramsey와 Hamilton은 카데바 모델에서 거골이 외측으로 1 mm 전위되면 경거관절 접촉 면적이 42%, 2 mm 전위되면 64% 감소함을 보고하였다. Thordarson 등은 비골이 2 mm 단축되거나 외측 전위되거나 5°

이상 외회전되면 관절 접촉압이 증가하여 관절염의 소인이 될 수 있음을 보였다. 이러한 결과는 외측복사뼈의 해부학적 정복이 중요하다는 근거로 오랫동안 인용되어 왔다.

그러나 Michelson은 Ramsey 모델이 거골과 내측복사뼈 사이에 스페이서를 넣어 거골을 밀어낸 비생리적 모델이라는 점을 지적하였다. 발목관절은 단순한 경첩이 아니라 미끄러짐과 구름이 결합된 복합 운동을 하며, 족저굴 시 거골은 4–8° 내회전하고 배굴 시 비골은 후외측으로 이동하며 약 2° 외회전한다. 이러한 결합 운동을 허용하는 비구속 실험에서는 단독 외측 손상만으로 관절의 역학이나 운동학이 변하지 않았다. 또한 축 부하는 접촉 면적을 최대 100%까지 증가시키며 거골이 천장 아래 정복 위치를 찾아가게 하는 안정화 효과가 있어, 비부하 상태의 실험 결과를 생리적 조건에 외삽할 수 없다.

내측 구조는 내측복사뼈와 삼각인대로 이루어진다. 내측복사뼈의 전방 colliculus에는 표층 삼각인대가, 후방 colliculus에는 심층 삼각인대가 부착한다. 표층 삼각인대는 넓은 부채꼴로 거골경부와 종골에 부착하여 주로 후족부 외반에 저항하고, 관절낭과 연속된 심층 삼각인대는 거골의 외회전을 막는 일차 정적 안정자이다. Longo 등은 순차 절단 실험에서 20°를 넘는 발목 외회전이 심층 삼각인대 손상의 특징임을 보였다.

여러 연구자들은 발목 불안정의 주된 양상이 방사선 사진에서 보이는 거골의 외측 전위가 아니라 거골의 외회전이며, 외측 전위는 3차원 현상을 2차원으로 투영할 때 생기는 착시라고 설명한다. 전방 경비인대(AITFL)의 단독 절단은 거골 불안정을 일으키지 않는 반면, 심층 삼각인대의 절단은 불안정을 일으킨다. 경비인대결합은 내측이 파열되기 전에는 벌어지지 않았고, 결합이 완전히 파열되어도 삼각인대를 절단하기 전까지는 관절압이 변하지 않았다. 이러한 자료는 발목의 일차 안정 구조가 외측이 아니라 내측에 있음을 시사하며, 이 개념은 외측 및 내측 복사뼈 골절의 진단과 치료 결정의 출발점이 된다.

분류와 안정성 진단

Lauge-Hansen 분류

1950년 카데바 실험과 임상·방사선 관찰을 바탕으로 만들어진 최초의 기전 기반 분류로, 첫 단어는 손상 당시 발의 위치, 둘째 단어는 힘의 방향을 나타낸다. 회외에서는 외측 구조가, 회내에서는 내측 구조가 먼저 긴장된다. 가장 흔한 회외-외회전형(SER, 40–75%)은 AITFL 파열(I), 천장 높이의 나선형 사선 비골 골절(II), PITFL 파열 또는 후방복사뼈 골절(III), 심층 삼각인대 파열 또는 내측복사뼈 횡 견열 골절(IV)의 순서로 진행한다. 회외-내전형(SAD, 10–20%)은 낮은 외측복사뼈 견열 골절 또는 외측인대 손상(I)과 내측복사뼈의 수직 전단 골절(II)로 이루어지며 내측 천장 함몰을 동반하기 쉽다. 회내-외전형(PAB, 5–20%)은 내측 손상, 결합 파열, 외측 분쇄를 동반한 횡형 비골 골절 순으로 발생하고, 회내-외회전형(PER, 7–19%)은 내측 손상 후 천장보다 근위의 나선형 비골 골절이 생기며 Maisonneuve 손상을 포함한다. 각 유형의 단계는 손상의 내재적 안정성을 판단하는 근거가 된다.

Weber 분류

외측복사뼈 골절의 높이에 따라 천장 원위(A), 천장 높이(B), 천장 근위(C)로 나눈다. 사용이 간편하지만, 전체의 80–90%를 차지하는 B형 안에 단독 외측 골절과 내측 손상을 동반한 골절이 함께 포함되어 생체역학적으로 이질적이라는 한계가 있다. Michelson은 두 분류 모두 예후 예측력이 입증되지 않았고 관찰자 간 일치도가 60% 미만이라고 지적하였다. 반면 Warner 등은 300례의 술전 MRI와 비교하여 Lauge-Hansen 유형이 94%, 단계가 85%에서 일치함을 보고하여, 이 분류가 인대 손상을 예측하는 도구로는 여전히 유효함을 보였다.

안정성 진단

전위 없는 단독 외측복사뼈 골절은 안정하여 보존 치료로 장기 결과가 양호하고, 거골 전위가 뚜렷하거나 양과·삼과 골절인 경우는 불안정하여 대개 수술이 필요하다. 진단적 어려움은 그 사이, 즉 안정된 SER II 골절과 심층 삼각인대 손상을 동반한 불안정한 SER IV 골절의 감별에 있다.

내측 압통, 부종, 반상출혈은 심층 삼각인대 기능 부전을 예측하지 못한다. 응급실 사진은 흔히 족저굴 상태에서 촬영되는데, 이때 폭이 좁은 거골 후방부가 천장에 들어와 거골 전위처럼 보이는 착시가 생기므로 중립위 재촬영이 필요하다. 중력 또는 수동 외회전 스트레스 촬영은 널리 쓰여 왔고, 중력 스트

레스 촬영은 외회전 스트레스 촬영과 신뢰도가 비슷하면서 환자에게 덜 고통스럽다. 그러나 내측 간격(medial clear space)의 정상 상한에 대한 합의가 없고(4 mm 또는 5mm), 측정값이 발목의 굴곡과 하지 회전에 따라 크게 달라지며, 위양성률이 높다. 실제로 스트레스 양성 골절을 보존 치료한 여러 연구에서 만족스러운 유합과 기능 회복이 보고되었다. Koval 등은 스트레스 양성 단독 외측복사뼈 골절 21례에 MRI를 시행하여 완전한 심층 삼각인대 파열을 2례에서만 확인하였고, 표층 파열만 있던 19례는 보존 치료 후 1년까지 문제가 없었다.

현재 가장 실용적인 방법은 체중부하 보행 검사이다. 응급실에서 보조기를 착용하고 견딜 수 있는 만큼 체중부하를 허용한 뒤 5–7일 또는 2주 이내에 체중부하 사진을 다시 찍어, 새로 생긴 내측 간격 확대나 거골 전위가 있으면 수술한다. 이 방침은 영국의 여러 센터에서 불필요한 수술을 크게 줄였고 영국정형외과학회 외상 기준(BOAST)에서도 지지된다. 그 밖에 내측복사뼈의 작은 견열 골편(fleck sign)은 불안정에 대해 99%의 특이도를 보이며, 측면 사진과 mortise 사진 두 장만으로 세 장 촬영 대비 92–98%의 정확도를 얻을 수 있다.

단독 외측복사뼈 골절

외측복사뼈 골절의 최대 85%는 내측의 유의한 손상 없이 발생한다. 이 골절에 대해 여러 저자가 허용 가능한 비골 전위를 0–5 mm로 다양하게 제시했지만, 이 권고들은 실험적 근거에 기반하지 않았다.

임상 근거

단독 외측복사뼈 골절만을 대상으로 한 임상 연구들은 일관되게 수술적 치료의 이점을 보여주지 못했다. 폐쇄 치료한 SER II 골절을 20–29년 추적한 연구에서 94%를 넘는 환자(89/94례, 48/49례)가 양호한 결과를 보였으며, 이는 비골 전위가 3 mm에 이르는 경우에도 마찬가지였다. 수술군과 석고 고정군을 비교한 연구에서 수술군의 해부학적 정복률은 82%로 보존군의 3%보다 훨씬 높았지만 임상 결과는 더 좋지 않았다. 단순한 하이톱 신발만으로 치료해도 96%에서 우수한 결과가 보고되었다. Weber B형의 수술 이점이 없다고 한 연구들도 대부분 실제로는 SER II 골절을 다룬 것이었다.

생체역학적 근거

내측 손상이 없으면 실험적으로 동적 부정합이 재현되지 않으므로, 외측복사뼈의 겉보기 전위는 임상적으로 중요하지 않다. CT 연구에서는 외측복사뼈의 외회전 변형으로 보이던 것이 실제로는 골절 후 근위 비골 간부가 내회전한 것이었고, 외측복사뼈 자체는 거골과의 강한 인대 결합 덕분에 거골에 대한 해부학적 위치를 유지하고 있었다. 축 부하 상태에서는 비골 전위의 크기가 거골 전위를 결정하지 않는다는 것도 확인되었다. 따라서 Michelson은 단독 외측복사뼈 골절의 수술이 생체역학적 또는 병리해부학적 근거로 정당화될 수 없다고 결론지었다.

스트레스 양성 골절과 과잉 수술

스트레스 촬영에서 내측 간격이 넓어지는 단독 외측복사뼈 골절은 전통적으로 수술 대상이었으나, 위양성이 많아 불필요한 수술로 이어진다는 비판이 제기된다. Slobogean 등의 다기관 무작위 연구 분석에서 스트레스 양성 단독 외측복사뼈 골절의 수술은 1년 시점에서 비용효과적이지 않았으며, 평생 외상후 관절염 발생을 줄일 경우에만 비용효과적일 것으로 추정되었다. 33,000명 이상의 Medicare 환자를 분석한 Koval 등은 지역에 따라 수술률이 14%에서 72%까지 달랐고, 남성·젊은 나이·적은 동반질환·교육병원이 없는 지역에서 수술이 많았음을 보고하였다. Toth 등은 이러한 자료와 MRI 연구를 근거로, 단독 외측복사뼈 골절에 대해 수술이 과도하게 시행되고 있을 가능성이 있다고 정리하였다.

결론적으로 단독 외측복사뼈 골절은 대부분 보존 치료의 대상이며, 핵심은 비골 골절 자체가 아니라 동반된 심층 삼각인대 손상, 즉 실제 불안정의 유무를 판별하는 것이다.

내측복사뼈 골절과 삼각인대 손상

내측 손상의 의미. 양과 골절은 외측복사뼈 골절에 내측복사뼈 골절 또는 삼각인대 파열이 동반된 것이며, 실험적으로 두 가지 내측 손상은 경거관절 접촉 면적과 운동학에 동등한 변화를 일으킨다. 임상적으로는 내측복사뼈가 없거나 전위된 가관절이 있으면 명백한 불안정은 드물지만 골관절염으로 이어질 수 있다. Yablon 등은 양과 골절에서 외측복사뼈를 해부학적으로 정복해야 거골이 제자리에 온다는 개념, 즉 '거골은 외측복사뼈를 충실히 따른다'는 원칙을 제시하였다. 이 원칙은 양과 골절에 적용되며, 내측이 일차 손상인 SAD 골절은 예외이다.

내측복사뼈 골절의 치료. 단독 내측복사뼈 골절은 초기 전위가 있더라도 보존 치료로 잘 회복된다. 반면 고정술은 창상 감염, 금속 돌출, 후경골건과 주변 신경혈관 구조의 손상 같은 합병증을 동반한다. 최소침습 경피 나사와 headless 압박 나사는 소규모 연구에서 유망한 결과를 보였다. 이 원칙은 양과·삼과 골절의 내측 성분에도 확장되고 있다. Hoelsbrekken 등의 무작위 연구에서 비골 고정 후 잘 정복된 내측복사뼈를 보존 치료한 군은 고정군과 결과가 동등했고 내측 창상 열개, 감염, 불유합을 피할 수 있었다. White와 Carter는 특히 골다공증 골의 내번형 골절에서 내측 고정이 안정성에 더하는 부분이 적을 수 있으나, 이를 확인하려면 Level 1 근거가 더 필요하다고 지적하였다.

반면 Clare는 내측복사뼈를 고정할 때 진정한 개방정복을 선호하였다. 골절부에 끼어 지연유합이나 불유합의 원인이 되는 골막 등 연부조직을 제거할 수 있고, 관절절개를 통해 연골면을 확인하고 유리체를 제거할 수 있기 때문이다. SAD 골절의 내측복사뼈는 수직 골절선을 가지므로 이차 단축과 전위를 막기 위해 고정물을 골절선에 수직, 즉 더 횡방향으로 놓아야 한다. Clare는 5공 1/3 tubular 판을 antiglide 또는 buttress 장치로 쓰고 lag 나사를 병용하였다. 또한 경골 천장의 내측 모서리 함몰을 반드시 확인하여, 골편을 원위로 젖힌 뒤 작은 절골도로 연골하골을 보존하며 함몰 부위를 들어 올리고 골이식 대체물로 채운 후 바로 위에 lag 나사로 지지한다.

삼각인대 손상의 진단. 내측복사뼈 골절이 없을 때 임상적으로 중요한 삼각인대 손상을 어떻게 진단하느냐는 양과 골절에서 가장 논란이 많은 문제이다. Michelson은 내측 압통이 있으면서 초기 사진이나 스트레스 사진에서 내측 간격이 5 mm를 넘으면 유의한 삼각인대 손상으로 추정하고 양과 골절로 치료할 것을 권하였고, Tansey 등은 스트레스 사진상 4 mm를 넘는 내측 간격이나 외반 경사를 가장 흔한 진단 기준으로 제시하였다. 관절경 연구에서는 발목 골절의 최대 40%에서 삼각인대 손상이 관찰된다. Tornetta가 기술한 combination medial injury는 전방 colliculus의 견열 골절과 심층 삼각인대 파열이 함께 있는 손상으로, 전방 colliculus를 고정하더라도 심층 인대 기능이 회복되지 않아 내측 및 결합 불안정이 남을 수 있다.

삼각인대를 봉합할 것인가. 인대가 간접적으로 치유되도록 두고 내측 간격만 정적으로 회복하는 관행은 1980–1990년대 문헌에 기반한다. Strömsöe 등의 1995년 무작위 연구는 이 주제의 유일한 무작위 연구로, 봉합군은 수술 시간만 길었을 뿐 결과가 동등하였고, 내측 고랑에 인대가 끼어 정복을 방해할 때만 탐색이 필요하다고 결론지었다. 다만 이 연구는 술후 스트레스 평가가 없었다는 비판을 받는다. 최근 비교 연구와 체계적 고찰에서는 삼각인대 봉합이 잔존 내측 간격 확대와 부정정복률을 줄였지만 기능 점수에는 차이가 없었다. Dabash 등은 281명을 포함한 5편의 비교 연구를 검토하여, 고위 비골 골절이나 추가적인 결합 안정성이 필요한 경우 봉합이 도움이 될 수 있으나 명확한 적응증은 아직 없다고 보았다. 봉합 방법으로는 단단 봉합, 봉합 앵커나 버튼을 이용한 고정, 인대 재건, 관절경 봉합이 있으며, 앵커를 내측복사뼈에 두든 거골에 두든 결과에 차이가 없었다.

양과 골절의 치료와 수술 기법

수술 적응증과 결과

Michelson은 수술 적응증을 체중부하 관절면의 단차인 정적 부정합과, 거골이 비정상적으로 움직이는 동적 부정합(불안정)으로 구분하였다. 골절 유형을 구분하지 않은 연구에서는 수술과 보존 치료 사이에 차이가 없었지만, 유형을 적절히 나누어 분석하면 해부학적 정복이 일관되게 더 좋은 결과를 보였다. 양과 골절 71례의 전향적 무작위 연구에서 수술군이 우수했고, 내측 손상이 골절인 경우 차이가 더 컸다. 3–29년 추적 연구들에서도 SER IV 골절은 수술 후 주관적·방사선적 결과가 더 좋았다. 해부학적 정복을 얻으면 85–90%에서 양호 이상의 결과를 기대할 수 있지만, 비해부학적 정복에서는 60–80%에 그친다. 수술 후 감염률은 보통 1–4%이나 한 연구에서는 11%까지 보고되어, 수술은 보존 치료보다 확실히 나은 결과가 기대되는 환자에게 한정해야 한다.

고령 환자

나이 자체로 수술 적응증을 정하는 것은 근거가 없으며, 고령의 양과 골절 환자도 수술 후 결과가 개선된다. 다만 창상 치유 불량과 골다공증으로 인한 고정 실패가 주된 문제이다. 65세 초과 불안정 골절 620명을 대상으로 한 AIM 무작위 연구는 밀착 석고 고정과 내고정의 6개월 환자보고 결과가 동등함을 보였고, 수술군의 창상 합병증은 12%였다. 그러나 석고군의 25%가 재조작 또는 수술 전환이 필요했고 15%가 부정유합으로 진행하여 약 40%가 초기 치료에 실패하였으므로, 많은 외과의는 보다 확실한 내고정을 선호한다.

수술 시기. 개방성 골절이나 정복 불가능한 탈구가 아니면 불안정 발목 골절의 수술은 응급이 아니다. Clare는 급성 염증기가 지나 부종이 빠지는 10–14일까지 수술을 미루는 것을 선호하였다. 반면 Michelson은 지연 시 중증 골절에서 합병증이 52%까지 증가하고 해부학적 정복이 어려워질 수 있다고 하였고, White와 Carter는 연부조직이 가라앉도록 입원하여 거상하는 지연이 비용이 크고 창상 감염을 4배 높인다고 지적하였다.

비골 고정

수술의 기본은 AO 원칙, 즉 최소한의 골막 박리를 동반한 비외상적 연부조직 처치, 해부학적 정복, 충분히 견고한 고정, 조기 관절 운동이다. 비골 길이와 회전의 회복은 안정된 천장을 재건하는 데 핵심이며 거비관절에서 방사선적으로 평가한다. SER형 비골 골절은 1/3 tubular 판과 3.5 mm 피질골 나사로 후방 antiglide 또는 외측 neutralization 방식으로 고정한다. 두 방법은 유합률과 전체 결과에서 차이가 없으나, antiglide 판은 돌출이 적어 연부조직 피복이 좋고 금속 제거가 적으며 더 강한 구조물이 된다. 골다공증 골에서도 후방 antiglide 판은 원위 골편에 나사를 넣지 않아도 외측 판보다 강성과 강도가 높다. 다만 판이 원위에 놓이거나 나사머리가 돌출하면 비골건 자극과 손상이 증가한다. 분쇄가 심하거나 골질이 나쁘면 간접 push-pull 기법을 쓴다. 판을 원위 골편에 먼저 고정하고, 판 근위단보다 더 근위에 측정값보다 약 4 mm 긴 보조 나사를 박은 뒤 그 사이에 laminar spreader를 넣어 투시 하에 길이를 회복하고 근위 골편을 겸자로 임시 고정한다. SAD형의 외측 골편은 전위된 경우 hook plate, 비전위 시 경피 역행 나사로 고정하며 미세한 견열 골편은 고정이 필요 없다.

판 고정의 한계와 비골 골수정. 잠김판은 비잠김판보다 결과나 생역학적 강도가 우월하지 않으면서 비용이 높고, 창상 합병증을 증가시킨다는 보고도 있다. 외측 판 고정 후 증상성 금속은 최대 31%, 창상 합병증은 최대 18%에 이르며, 당뇨(감염 위험 3배), 말초신경병증, 개방성 골절, 창상 저해 약물, 술후 비순응이 위험인자이다. 이에 대한 대안으로 비골 골수정이 늘고 있다. 17편 1008례의 체계적 고찰에서 유합률 98.5%, 양호 이상 91.3%가 보고되었고, Asloum 등의 무작위 연구에서는 골수정군의 기능 점수가 높고 합병증이 적었다. White 등의 65세 초과 100명 무작위 연구에서 기능은 동등했지만 감염이 적고 총 치료비가 낮았으며, 18–64세 125명을 대상으로 한 후속 다기관 연구에서는 기능과 합병증에 차이가 없었다. 폐쇄정복 골수정은 Weber C형, 회내형, 분쇄, 삼과 골절에서 정복 불량과 외상후 관절염(21.3% vs 9.1%)이 더 많았으나, mini-open 정복 후 골수정을 시행한 110례에서는 감염이나 추가 수술 없이 모두 유합되었다. 즉 골수정은 고령이거나 연부조직 위험이 큰 환자에서 이득이 뚜렷하며, 복잡 골절에서는 개방 정복으로 정복 품질을 확보해야 한다.

술후 관리와 예후

체중부하와 관절 운동

술후 관리는 지난 30년간 가장 크게 변한 영역이다. Michelson(1995)은 조기 운동과 체중부하가 3–6주 고정에 비해 장기적 이점을 보이지 않았다고 정리하였고, Clare(2008)는 2주간 부목 고정 후 보조기와 조기 관절 운동을 시작하되 단순 골절은 6주간 비체중부하를 유지하였다. 이후 근거가 축적되었다. Dehghan 등의 110명 무작위 연구에서 술후 2주 체중부하군은 6주군보다 관절 가동범위, 6주 기능, 12개월 삶의 질이 우수했고 고정 실패나 감염은 증가하지 않았다. Smeeing 등의 SER 골절 115명 다기관 무작위 연구에서는 비보호 체중부하군이 6주 기능이 더 좋았고 복직과 운동 복귀가 각각 3주, 5주 빨랐다. 555례를 검토한 체계적 고찰은 즉시 체중부하가 가동범위 개선, 입원 기간 단축, 빠른 복직과 연관됨을 보였다. 다만 조기 관절 운동은 표층 창상 합병증을 늘리므로 절개가 치유된 뒤 시작하는 것이 권고된다. 현재 White와 Carter는 결합 손상이나 유의한 말초신경병증이 없는 모든 환자에게 보조기 착용 완전 체중부하를 허용한다.

혈전 예방과 금속 제거

임상적으로 중요한 정맥혈전색전증을 평가한 두 무작위 연구에서 저분자량 헤파린은 발생률을 유의하게 줄이지 못했으며(1.4% vs 1.8%), 발생률 자체가 낮았다. 따라서 일상적 예방은 정당화되지 않고, 혈전성향 질환의 개인·가족력, 악성종양, 병적 비만, 비대항 에스트로겐 복용 등 고위험군에서만 고려한다. 금속 제거는 기능 향상이나 장기 합병증 감소와 연관되지 않으며, 증상이 있을 때만 9–12개월 이후에 시행한다.

예후

추가 외상이 없으면 거의 모든 발목 골절이 유합된다. 방사선적 관절염은 단과 골절의 5% 미만, 양과 골절의 최대 20%에서 대개 2년 내에 발생하지만 기능을 제한하는 통증과의 연관은 강하지 않다. 부종은 수술 후 더 심하고 오래가며 18개월에도 약 절반이 간헐적 부종을 호소하고, 기능은 술후 9년까지 서서히 개선될 수 있다. 비골 부정유합은 경거 접촉을 약 30% 줄이며, 진단이 수년 늦어도 교정술로 좋은 결과를 얻을 수 있다. 운동선수의 스포츠 복귀에 관한 체계적 고찰에서는 대부분 이전 수준으로 복귀하였으나 연구의 질이 낮고 복귀 시점이 3–4개월부터 1년 후 24.5%까지 다양했으며, 고령, 여성, 높은 ASA 등급, 결합 손상 동반이 복귀를 늦추는 인자였다.

결론

외측 및 내측 복사뼈 골절의 치료 목표는 거골을 천장 아래 해부학적으로 정복하고 유지하는 것이다. 생체역학적으로 발목의 일차 안정 구조는 내측, 특히 심층 삼각인대이며, 불안정의 본질은 거골의 외회전이다. 따라서 단독 외측복사뼈 골절은 대부분 보존 치료로 좋은 결과를 얻으며, 치료 결정의 핵심은 심층 삼각인대 손상의 유무를 가려내는 데 있다. 내측 압통이나 스트레스 촬영은 신뢰도가 낮고, 보조기 착용 체중부하 검사가 가장 실용적인 대안으로 자리 잡고 있다.

양과 골절과 SER IV 골절에서는 해부학적 정복이 예후를 결정하므로 수술적 치료가 원칙이며, 나이 자체는 적응증을 바꾸지 않는다. 비골 고정은 길이와 회전의 회복이 핵심이고, 고령이나 연부조직 위험이 큰 환자에서는 비골 골수정이 판 고정의 합병증을 줄일 수 있다. 내측복사뼈는 비골 고정 후 잘 정복되어 있으면 보존 치료도 가능하다는 근거가 나오고 있으나 SAD형에서는 횡방향 고정과 천장 함몰 처치가 필요하다. 삼각인대 봉합은 정복을 막는 감입이나 추가 안정성이 필요한 경우에 선택적으로 고려한다. 술후에는 대부분 조기 체중부하가 안전하며, 혈전 예방과 금속 제거는 선별적으로 시행한다. 내측복사뼈 보존 치료와 삼각인대 봉합의 적응증, 스트레스 양성 골절에서 MRI의 역할은 향후 대규모 전향 연구로 확인되어야 할 과제이다.

참고 문헌

1. Michelson JD. Fractures about the ankle (Current Concepts Review). J Bone Joint Surg Am. 1995;77-A(1):142–152.
2. Clare MP. A rational approach to ankle fractures. Foot Ankle Clin. 2008;13:593–610. doi:10.1016/j.fcl.2008.09.003
3. Del Buono A, Smith R, Coco M, et al. Return to sports after ankle fractures: a systematic review. Br Med Bull. 2013;106:179–191. doi:10.1093/bmb/lds039
4. Toth MJ, Yoon RS, Liporace FA, Koval KJ. What's new in ankle fractures. Injury. 2017;48:2035–2041. doi:10.1016/j.injury.2017.08.016
5. White TO, Carter TH. Ankle fractures: facts and fiction. Bone & Joint 360. 2018;7(4):3–8. doi:10.1302/2048-0105.74.360623
6. Tansey PJ, Chen J, Panchbhavi VK. Current concepts in ankle fractures. J Clin Orthop Trauma. 2023;45:102260. doi:10.1016/j.jcot.2023.102260



심포지엄 1: SAT 프로그램 이후의 진로
Symposium 1: Career Paths after the SAT Program
(인증SAT 관리위원회 1)

좌장: 명지병원 김용균, 연세대학교 서상훈

하대운

학력

부경대학교 스마트헬스케어학부 해양스포츠전공 학사

부경대학교 일반대학원 체육학과 석사

주요 경력

현 육상 국가대표팀 트레이너

2026 아이치-나고야 아시안게임 육상 국가대표팀 트레이너

진천선수촌 웨이트트레이닝센터 인턴십 트레이너

현재 소속 및 직위

대한육상연맹, 트레이너

대표논문

1. Ha, D. W., Choi, H., Il-Young, Y., Lim, N. D., & Kim, T. (2026). Effects of forward, backward, and combined resisted sprint training on sprint performance, sprint kinematics, and isokinetic knee muscle function in recreational soccer players. International Journal of Sports Science & Coaching, 17479541261433231.
2. Ha Dae Woon, Kim Gi Bin, Yu Il Young, Kim SooYong and Tae-Gyu Kim. (2024). Effect of Ankle Joint Flexion Angle on Lower Extremity Muscle Activity and Break Point Angle during Nordic Hamstring Exercises in Amateur Soccer Players. The Korea Journal of Sports Medicine, 42(4), 254-261.

발목 골절 / Lateral and Medial Malleolar Fracture

대한육상연맹

하대운

CONTENT

01 국가대표 육상팀 트레이너의 역할

02 SAT교육의 현장 적용성

03 결론

01 국가대표 육상팀 트레이너의 역할

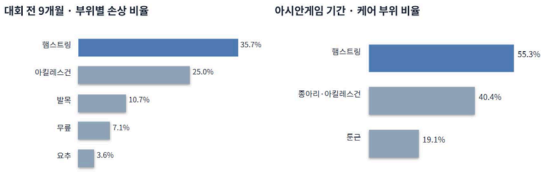
단거리	중·장거리	투척	수평도약	경보

훈련 전	훈련 중	훈련 후	부상 시	대회 파견
• 컨디션 체크 • 훈련 전 케어 • 테이핑 처치	• 보강 훈련 • 모니터링 • 의무 대기	• 회복 케어 • 정리 운동 • 컨디션 기록	• 현장 평가 • 응급 대응 • 추후 재활 계획	• 선수 케어 • 응급 처치

부상 예방 *평가-응급처치* *재활-복귀* *협업-소통*

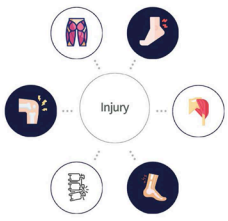
01 국가대표 육상팀 트레이너의 역할

현장 중심 손상 데이터



02 SAT교육의 현장 적용성

실무 역량 강화 (1)



- 부위별 주요 손상 및 임상 증상에 대한 이해
- 현장에서의 손상 평가 및 초기 대응 능력 향상
- 손상 이후 단계별 재활 계획 수립 및 선수 관리에 활용

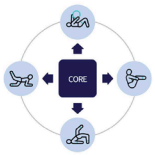
02 SAT교육의 현장 적용성

실무 역량 강화 (2)



- 무릎, 아킬레스건 등 손상 부위 및 증상에 따른 테이핑 적용
- 선수의 상태와 종목 특성을 고려한 테이핑 적용

→ 테이핑 전문성 향상



- 체간 안정화 운동에 대한 전문성
- 기능적 코어 트레이닝에 대한 이해 및 적용

→ 코어 운동 지도 역량 강화

03 결론

SAT를 통한 현장 전문성 강화

이론 교육

각 부위별 주요 손상 및
임상 증상에 대한 이해

실습 교육

손상 평가·응급 처치
테이핑·코어 운동 전문성 향상

현장 적용

육상 국가대표 선수의 케어 및
트레이닝 실질적으로 활용

감사합니다.

임찬빈

학력

한국체육대학교 스포츠청소년지도학과 학사

주요 경력

현) 이로운 건강운동센터 건강운동관리사

전) 안강병원 운동치료실 건강운동관리사

전) 서울나우병원 스포츠의학센터 건강운동관리사

현재 소속 및 직위

이로운 건강운동센터 대표

인증SAT위원회 활동 경험 (1기 합격생)

이로운 건강운동센터

임찬빈











재활 트레이너로서 정확한 정보에 대한 갈망

트레이너들이 원하는 것

A부터 Z까지 총론 교육

가장 공신력 있고, 전문성 있는 교육

취업으로 연결되는 교육



수료생에서 인증위원으로

1) SAT 인증위원회 회의

2) 팀 업무 수행(이론, 규정, 실습)

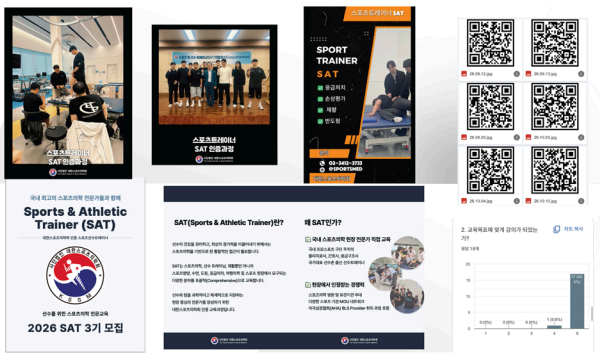
3) 시험 문제 출제 및 감독

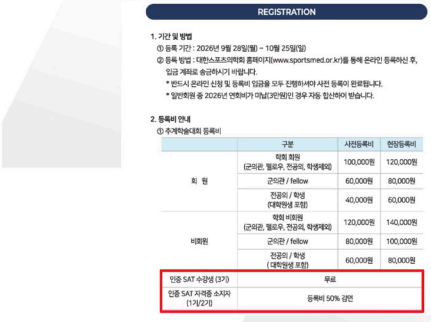
SAT 인증위원회 회의

각 팀 업무 보고

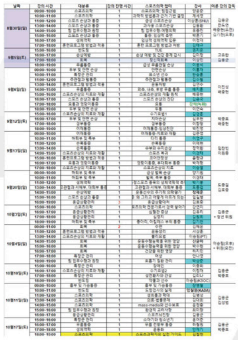
이론/실습 스케줄 정리 및 프로그램 준비

SAT 등록 활성화 방안



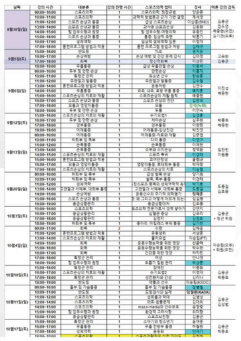






대한스포츠의학회 스포츠선수트레이너(SAT) 과정 3기 시험문제 제출 안내

SAT의 모든 강의는 청년 위원이 함께











앞으로의 방향

1) 최고의 교육과정

2) 현장에서의 성과

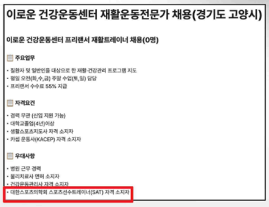
3) 수료 이후 네트워킹

현장 파견(KLPGA, 서울100K)



취업 현장에서의 성과

SAT 자격증 취업 활용


이로운 건강운동센터 재활운동전문가 채용(경기도 고양시)

이로운 건강운동센터 프리랜서 재활트레이너 채용(0명)

주요업무

자격요건

우대사항

인증위원의 역할

수강생, 선배 교육생이자 SAT 인증위원

학회, 교육, 현장을 연결하고 간극을 조정

SAT 과정이 성공적인 결과를 낼 수 있도록

교육생에서, SAT를 만드는 사람으로



배운 것을 현장으로, 현장의 경험을 다시 SAT로.

SAT의 교육과 경험, 사람과 현장이 지속적으로 연결될 수 있도록

Thank you

이동규

학력

동국대학교 스포츠재활 학과 학사

주요 경력

SAT 2기 수료

KLPGA 2026 파견 실습

국가대표 장애인 아이스하키팀 선수 트레이너

현재 소속 및 직위

장애인 아이스하키 국가대표팀 AT

KLPGA 파견실습 경험

대한장애인아이스하키협회

이동규

① 이론(학교)과 현장(KLPGA)의 온도 차이

학교에서 배운 테이핑, 마사지, 도수 치료 이론이 프로 무대에서 어떻게 적용되는지 보며 느낀 점입니다.

키워드: 즉각성, 순발력, 선수별 맞춤형 케어

② 프로 골프 종목의 특수성과 재활의 역할

골프라는 스포츠가 가진 회전 운동, 불균형, 누적 피로의 특성을 피부로 느낀 경험입니다.

키워드: 회전 운동, 비대칭성, 스윙 메커니즘, 부상 예방

③ 프로 선수를 대하는 전문성과 커뮤니케이션

선수의 컨디션이나 심리적 상태에 따라 달라지는 트레이너/재활전문가의 태도에 대한 느낀 점입니다.

키워드: 신뢰 관계(Rapport), 멘탈 케어, 루틴 존중

김기천

학력

한양대학교 의학과 학사

한양대학교 의학대학원 석사

한양대학교 의학대학원 박사

주요 경력

제주 유나이티드 FC 책임 주치의 : 2010-01-01 ~ 2012-03-31

2015 타오위안아시아태평양농아인경기대회 주치의 : 2015-10-03 ~ 2015-10-09

KSSM & JSCSM Travelling fellowship : 2018-10-29 ~ 2018-11-04

대한 스포츠의학회 : 국제위원회 간사 2017~2018

IOWA 주립대학 정형외과 연수 : 2022.1 ~ 2022. 12

2023년 투어 주치의 활동이력 : 2023-04-06 ~07 롯데렌터카 여자오픈

2024년 투어 주치의 활동이력 : 2024-10-25 서울 경제 레이디스 클래식

2025년 투어 주치의 활동이력 : 2025-08-16~17 메디힐 · 한국일보 챔피언십

2026년 투어 주치의 활동이력 : 2026-08-15 메디힐 · 한국일보 챔피언십

2025~2026. 대한스포츠의학회 스포츠 트레이너(Sports & Athletic Trainer) 팀장

2026년 : 장애인 육상 등급 분류사

현재 소속 및 직위

서울의료원 정형외과 과장 (2013~)

대표논문

1. The preliminary report about the modified supramalleolar tibial osteotomy for asymmetric ankle osteoarthritis. Koo JW, Park SH, Kim KC, Sung IH.J Orthop Surg (Hong Kong). 2019 Jan-Apr;27(1):2309499019829204. doi: 10.1177/2309499019829204
2. Factors Associated With Recurrent Fifth Metatarsal Stress Fracture. Foot and Ankle International. Kyung-tai Lee, MD, PhD, Young-uk Park, MD, PhD, Hyuk Jegal, MD, KiChunKim, MD, Ki-wonYoung, MD, PhD, Jin-suKim, MD, PhD,1645-1653, Nov,2013
3. Midterm Outcome of Modified Kidner Procedure. Foot and Ankle International. Kyung Tai Lee, MD ; KiChunKim,MD; YoungUkPark,MD; SeungMinPark,MD; YoungKooLee,MD,122-127,Feb,2012

향후 SAT 프로그램의 지향점

서울의료원

김기천

SAT program

- 목적 : 스포츠 운동 트레이너 (Sports and Athletic Trainer, SAT) 전문 인력의 교육, 자격 인정 및 스포츠의학회 인증 SAT (이하 인증 SAT)에 관하여 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.
- 의의 : 스포츠 운동 트레이너의 자질과 능력의 탁월성을 학회 차원에서 인정하는 것이며 국가나 타 사회 단체가 공인하는 자격을 대신하는 것은 아니다.

사단법인 대한스포츠의학회 The Korean Society of Sports Medicine | 학회소개 | 인증전문의 | SAT | 학술행사

KSSM Homepage

인증SAT 안내

SAT(Sports and Athletic Trainer)란?

스포츠 현장에서 선수의 건강을 관리하고, 최상의 경기력을 이끌어낼 수 있도록 훈련을 지원하며, 신체적·정신적 회복을 도모하는 전문가입니다. 또한 선수와 팀이 적절한 관리와 처치를 받을 수 있도록 조율하는 현장 중심의 실천적 중개자 역할도 수행합니다.

SAT 자격 인증의 장점

사단법인 대한스포츠의학회는 다양한 종목의 경기단체들과 협력 관계를 유지하고 있으며, SAT 자격 취득 시 다음과 같은 기회가 주어집니다.

- 스포츠단체* 트레이너 채용 시 우대
- 스포츠닥터* 병원 등 유관기관 채용 시 우대
- 스포츠단체* 경기 현장 참여 기회 제공

* 대한스포츠의학회와 MOU를 체결한 스포츠단체/스포츠닥터

Q. 인증SAT가 뭔가요?

A. Sports Athletic Trainer를 의미하며 스포츠 현장에서 팀 소속 선수들의 건강관리는 물론, 선수들이 최대 경기력을 발휘할 수 있도록 효과적으로 훈련시키고 신체적, 정신적 회복을 돕는 역할도 하고, 필요한 경우 외부 의료전문가에게 의뢰하여 최선의 의료서비스를 선수와 팀이 적절히 받도록 하는 중개자 역할도 합니다.

Q. 인증SAT 자격인증을 받으면 어디에서 일할 수 있나요?

A. 사단법인 대한스포츠의학회에서는 축구를 비롯하여 여러 경기단체들과 협력관계를 맺고 있습니다. 따라서 이러한 스포츠 경기들의 스포츠현장에서 일할 수 있습니다.

- 대상





- 우리의 일터
  - 스포츠 현장
  - 물리적, 육체적 한계에 이르는 극한에 이르는 조건
  - 치열한 경쟁 → 정서적 지지, 정신적 회복
- 최상의 Performance. 일상으로의 복귀가 아니다.

SAT는 선수에게...

- 트레이너
- 조언자
- 가족보다 가까울 수 있고
- 때로는 친구로...
- 때로는 형, 언니...



2026 아시안 게임 공식 Homepage Getty images

SAT 실습 프로그램

Injury Prevention and Management

- Immediate care and acute injury management
- Sports taping and bracing techniques

Acute Management
Rehabilitation & Performance Enhancement

- Field management in specific site
- Strength and conditioning

Medical Record

- Interview

2026 전반기 금융·산업 시장

- 삼성전자·SK하이닉스 독주 → 코스피 9000돌파



2026 전반기 금융·산업 시장

- 삼성전자·SK하이닉스 독주 → 코스피 9000돌파
- 투자 소외 영역 : 바이오, 화학, 농업, 신재생 에너지
- AI 없어도 살지만 식량, 산소가 없으면 살 수 없다.

스포츠의학 현장의 현실

- **프로·메이저 스포츠 중심**: 야구, 축구, 농구 및 올림픽 대표팀 중심으로 관심
- **사각지대의 SAT 필요성** : 비인기 종목, 유청소년, 장애인, 생활체육 영역

대한민국 SAT 의 현재.

- 역할
  - 현장 응급처치, 테이핑, 스트레칭, 마사지, 웨이트 트레이닝 지도 중심 ➔ 장비 운반, 훈련 보조, 야간 마사지, 병원 진료를 위한 예약 동반, 심리적 지지까지 전담 (1인 다역)
  - 육체적 노동 과부하
- 지위
  - 법적 정의 : 불명확 ➔ '선수 관리자'/'마사지사/헬스 트레이너'/의사의 중간 영역
  - 의료법상 의료행위 여부 : 응급처치, Reconditioning ⇔ '진단', '치료' ➔ 처치의 법적 경계에 대한 모호성으로 보조적 역할
- 자격 요건
  - 체육학과/스포츠과학과 졸업
  - 국가자격 : 물리치료사, 건강운동관리사
  - 민간 자격 : 학회/협회에서 발급. (예: SAT, AT)

대한민국 SAT 의 현재

- 고용 안정성
  - 정규직 : 일부 프로구단(K리그, KBO 등)
  - 비정규직/단기 계약직/프리랜서 : 대부분 시즌 단위(6~10개월) 50%이상
  - 퇴직금, 4대 보험 적용이 불투명
- 노동 환경
  - 훈련·경기에 맞춰 이동 ➔ 잦은 주말, 야간 근무와 주 50시간을 초과하는 불규칙한 스케줄
  - 높은 신체적 피로도
- 보수
  - 평균 월 200만 원대 초중반
  - 조기 이탈(Turnover)과 현장 공백 ➔ 20대 후반~30대 초기 진입은 쉬우나 병원 도수치료실, 일반 피트니스, 타 업종으로 이탈 ➔ 비인기 종목 현장은 경험 있는 중견 트레이너 구하기 어려움

구분	대한민국	미국 (NATA 중심)
노동 범위	• 제도적 범위 미비 / 직무 혼선 • 현장 응급처치, 테이핑, 스트레칭, 마사지, 웨이트 트레이닝 지도 • 의료법 상 독자적 진단/치료권 부재	• 법적 보건의료전문가 (Healthcare Professional) • 의사(Physician)의 지도/협력 하에 독립적 임상 판단 권한 보유 • 손상 예방, 임상 진단(Clinical Diagnosis), 응급처치, 재활치료, administrative 업무
노동 환경	• 프로/엘리트 중심 vs 비인기/아마추어 열악 • 주 50~60시간 이상 고강도 근무, 잦은 주말/출장 • 4대 보험 미가입 3.3% 프리랜서 계약/단기 계약 비중 50% 이상	• 다양한 고용처 (학교, 병원, 산업체, 군대) • 주 40~50시간 수준 (학교 현장은 주말/야간 출장 다수) • **86%** 이상 **정규직**, 의료보험 및 근로기준법 적용

구분	대한민국	미국 (NATA 중심)
노동 강도	• 수동적/육체적+ 정신적/감정적 • 1인 다역(장비 수송, 마사지, 선수 케어 등) • 보수 대비 높은 감정/육체 노동	• 수동적/육체적/정신적/감정적 • 선수 대비 인력 부족(고교 34% 공백, 대학 1인당 100명 이상 담당) • 과도한 행정 문서화 및 환자 관리 과부하
자격 요건	• 국가 표준 자격제도 부재 • 건강운동관리사, 생활스포츠지도사(국가) + 학회/민간 자격(대한스포츠의학회, KATA, KAT, 등) • 무자격/민간자격자 혼재	• **국가/주 정부 법적 면허화** • CAATE 인증 석사**(Master's Degree)** 학위 필수 (since 2022) • **BOC(Board of Certification) 시험 합격 (ATC 자격)** + 주(State) 면허 취득

(Physical) AI 시대의 도래 ➔ SAT의 미래

대체 능가할 수 있는 영역
(Data & Precision)

- **생체 데이터 수집 및 분석 : Camera, Sensor, ROM check, :** 보행/동적 관절 평가, 보강 운동 시 폼(Form) 오류 교정 피드백
- **부상 위험 예측 및 데이터 기반 컨디셔닝 수립 :** 피로도 지수, 수면 패턴, 이전 부상 이력)를 머신러닝 알고리즘으로 분석
- **맞춤형 재활/운동 프로토콜의 자동화 :** 최신 스포츠의학 가이드라인 및 논문 빅데이터를 기반으로 선수 개별 상태에 최적화된 주차별 재활 루틴 update

대체 어려운 영역
(임상적 판단 & 현장성)

- 급성 현장 응급처치(Acute On-field Care)의 즉각성 및 위험성
- 도수치료(Manual Therapy) 및 미세한 질감/저항 감지
- 정서적 정서적 지지 격려 **(Empathy & Trust)**

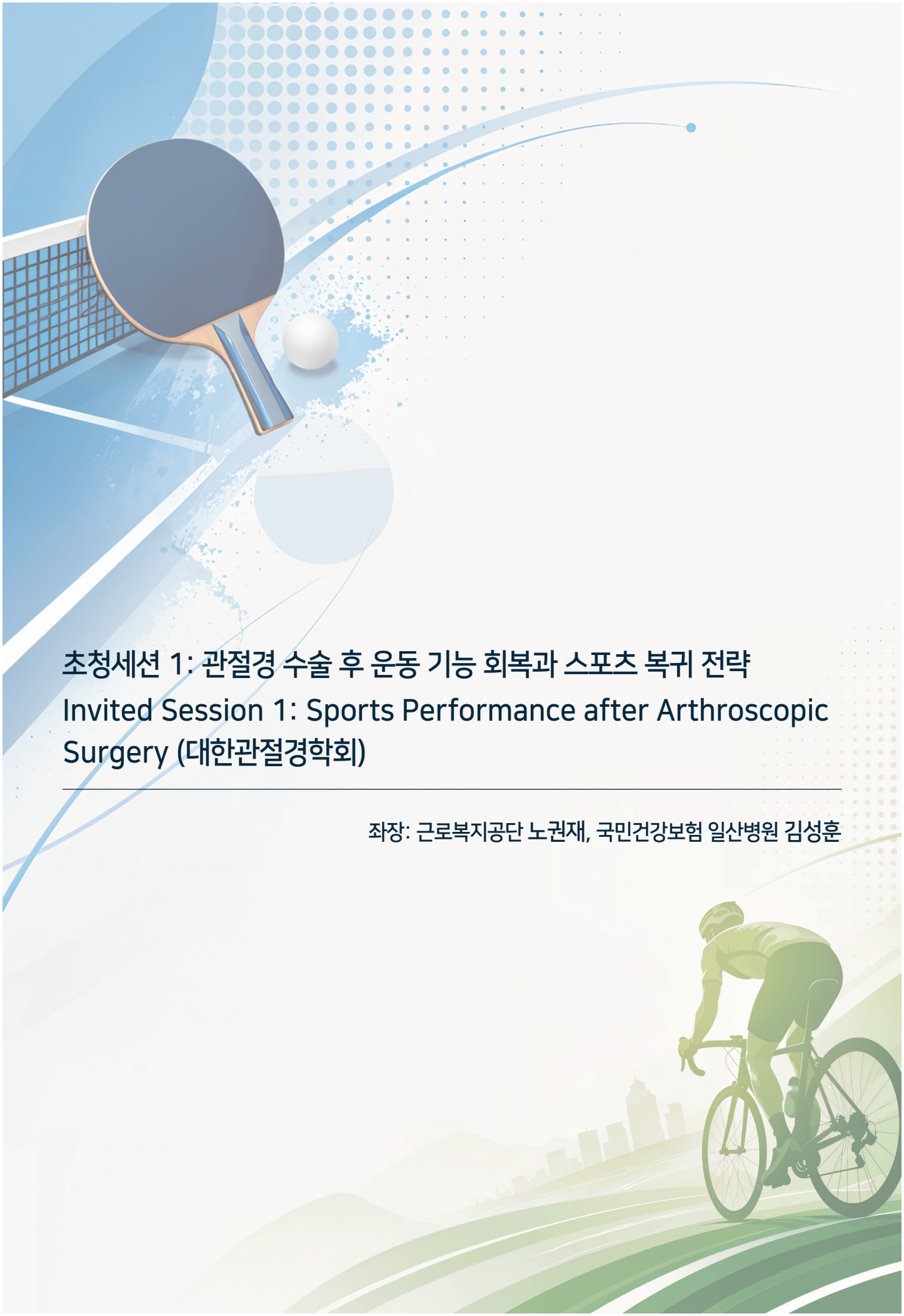
SAT 지향점

- SAT 법적 제도적 지위 확보
- 근무 환경 정비
- AI 시대
  - 단순 반복적인 모니터링, 수기 기록, 폼 교정 등의 작업은 AI 도움을 받는다.
  - **임상적 의사결정(Clinical Decision Making)의 책임자 및 참여자로서 역학**
  - **복합적 응급 처치**
  - **인간 중심의 정서적 케어**에 집중하는
  - 'Data-informed Clinical Expert

근거 문헌 참고 자료 Web등

- [국외] NATA (미국 스포츠트레이너협회) 직무 범위 및 정의
  - 출처: National Athletic Trainers' Association (NATA)
  - 내용: Athletic Trainer의 준의료인(Allied Health) 지정, 5대 직무 범위 및 역할.
  - NATA - Athletic Training Overview & Scope of Practice
- [국외] NATA 취업처 및 근무 환경 (Job Settings)
  - 출처: NATA Job Settings Statistics
  - 내용: 고용 분야별 비중(대학, 고교, 병원, 산업체 등) 및 정규직/근무 조건 통계.
  - NATA - Job Settings & Employment Distribution
- [국외] 미국 노동통계청(BLS) 스포츠 트레이너 직업 분석 및 임금 데이터출처:
  - U.S. Bureau of Labor Statistics (BLS)내용: 평균 연봉($60,250),
  - 자격 요건(석사 학위), 향후 고용 전망 및 근무 환경 분석.
  - U.S. BLS - Athletic Trainers Occupational Outlook
- [국내] 커리어넷 / 한국고용정보원 스포츠 트레이너 직업 정보
  - 출처: 커리어넷 직업정보
  - 내용: 국내 스포츠 트레이너의 주요 업무, 자격 요건, 비정규직 비중 및 평균 임금 실태.
  - 커리어넷 - 스포츠트레이너 직업 개요 및 근무 환경





초청세션 1: 관절경 수술 후 운동 기능 회복과 스포츠 복귀 전략
Invited Session 1: Sports Performance after Arthroscopic Surgery (대한관절경학회)

좌장: 근로복지공단 노권재, 국민건강보험 일산병원 김성훈

이상현

학력

한림대학교 의학과 학사

한림대학교 대학원 의학과 석사

한림대학교 대학원 의학과 박사

주요 경력

2025~ KT위즈 프로야구단 필드닥터

현재 소속 및 직위

이대서울병원 정형외과 임상부교수

대표논문

1. Shin SJ, Lee S. The Prevalence of Tear Patterns and Their Effects on Tendon Healing After Arthroscopic Surgery in Patients With Full-Thickness Rotator Cuff Tears. Am J Sports Med. 2025 Mar;53(3):583-591.
2. Shin SJ, Lee S. Effect of Medial or Lateral Graft Failure on Graft Volume and Clinical Outcomes After Superior Capsule Reconstruction for Irreparable Rotator Cuff Tears. Am J Sports Med. 2024 Sep;52(11):2826-2834.
3. Lee S, Shin SJ. Postoperative Graft Volume Reduction Is Associated With Inferior Clinical Outcomes of Superior Capsule Reconstruction Using an Acellular Dermal Matrix Allograft. Arthroscopy. 2024 Feb;40(2):229-239.

Return to Sport and Sports Performance After Shoulder Stabilization Surgery

이대서울병원
이상현

1. Return to sport and recovery of sports performance

Restoration of shoulder stability is an important outcome after surgical treatment of anterior shoulder instability. In athletes, postoperative assessment should also include return to sport and recovery of the preinjury role and performance. Recovery can be classified into three stages: return to participation, including limited training; return to sport (RTS), defined as resumption of the sport; and return to performance, defined as restoration of performance to the preinjury level or higher.

Return to the same league or competitive level does not necessarily indicate recovery of preinjury performance. Throwing velocity, accuracy, game statistics, playing volume, and sustained participation throughout a season should be assessed separately. Interpretation of postoperative outcomes should therefore consider the rate, level, and timing of RTS, together with subsequent sports performance. This review evaluates these outcomes after various shoulder stabilization procedures, including Bankart repair, Latarjet procedure, and free bone block procedure for anterior shoulder instability.

2. Outcomes after Bankart repair

Memon et al. performed a systematic review of 34 studies and reported that 81% of athletes returned to sport at any level and 66% returned to the preinjury level after arthroscopic Bankart repair. Approximately one-third of athletes did not regain their previous level, which should be considered during preoperative counseling. However, differences in sports, competitive levels, follow-up periods, and definitions of return among the included studies limit the application of these pooled estimates to individual athletes.

RTS outcomes also differ according to playing position and the operated side. Paul et al. evaluated 111 professional baseball players who underwent isolated Bankart repair. The RTS rate was 72.3% in 47 pitchers and 95.3% in 64 position players, and the time to return was 334 and 245 days, respectively. Among position players, surgery on

the throwing side was associated with a longer time to return than surgery on the nonthrowing side. The cohort included major- and minor-league players, and 77.5% played in the minor leagues. These characteristics should be considered when applying the findings to other high-level throwing athletes. The same study showed no significant differences between preoperative and postoperative earned run average (ERA), walks plus hits per inning pitched (WHIP), or batting rate statistics. The absence of significant differences does not establish equivalent performance, and these postoperative measures do not represent athletes who did not return. In addition, preserved rate statistics do not necessarily indicate recovery of playing volume or contribution throughout a season.

Return to throwing should be assessed separately from overall RTS after Bankart repair with remplissage. In a review of 20 studies, Gouveia et al. reported RTS rates ranging from 80–100% in contact/collision athletes and 46–79% in overhead/throwing athletes. These values represent ranges across studies rather than pooled estimates. Differences in lesion characteristics and the proportions of primary and revision procedures limit direct comparison with isolated Bankart repair. In throwing athletes, postoperative assessment should include sport-specific range of motion and the ability to perform repeated throwing, in addition to shoulder stability.

3. Outcomes after Latarjet procedure

The Latarjet procedure restores anterior shoulder stability through coracoid transfer. Hurley et al. reviewed 36 studies involving 2,134 cases and reported an overall RTS rate of 88.8%, with 72.6% returning to the same level. The mean time to return was 5.8 months. These findings showed that a high proportion of athletes returned to sport, although recovery of the previous level was less frequent. The reported mean time to return represents an observed outcome and should not be interpreted as a universally validated criterion for safe RTS.

3.1 Comparison with Bankart repair

Rossi et al. compared arthroscopic Bankart repair with open Latarjet procedure in 130 competitive rugby players with glenoid bone loss <20%. The rate of return to the preinjury level was similar between groups, whereas recurrence and reoperation rates were lower after Latarjet procedure. This nonrandomized study included 80 patients who underwent Bankart repair earlier and 50 who subsequently underwent the Latarjet procedure.

A 2025 meta-analysis by Noyes et al., including 874 athletes, also showed no significant differences between Bankart repair and Latarjet in RTS rate, return to the previous level, or time to return. Recurrent instability occurred in 14.8% of athletes after Bankart repair and 3.5% after Latarjet. However, the included studies differed in sports and glenoid bone loss. These findings support a lower recurrence rate after Latarjet without demonstrating superior RTS outcomes. Comparisons of Bankart repair and Latarjet should account for differences in recurrence risk even when RTS rates are similar.

3.2 Sports participation and throwing function

Gowd et al. reported that 90% of 60 patients who participated in sport before Latarjet returned to sport, and 60% returned at the same or a higher intensity. Among 28 patients who participated in throwing sports, 19 (67.9%) returned to throwing sports without difficulty. These outcomes were based on patient reports rather than direct measurements of throwing velocity or game statistics. A high RTS rate should therefore be interpreted separately from restoration of throwing function and preinjury performance.

Greco et al. evaluated 136 contact/collision athletes who underwent arthroscopic Latarjet with cortical button fixation. Unrestricted RTS was achieved in 82%, with a mean return time of 5.3 months. At final follow-up, 98% had a stable shoulder, and 26% reported anterior apprehension during examination. These findings indicate that shoulder stability, apprehension, and sports participation should be assessed as separate outcomes.

4. Outcomes after free bone block reconstruction

Bone augmentation for anterior shoulder instability includes coracoid transfer and free bone-block reconstruction. Free bone-block procedures use grafts such as iliac crest bone graft (ICBG) and distal tibial allograft (DTA). Outcomes should be interpreted according to graft type, surgical approach, and whether the procedure was performed as primary or revision surgery.

4.1 Iliac crest grafting and Latarjet procedure

Gilat et al. performed a meta-analysis of 70 studies involving 4,540 shoulders and reported RTS rates of 73% after Latarjet and 88% after free bone-block procedures. The difference was not statistically significant, and recurrent instability did not differ significantly between procedures. Most data were pooled from separate case series, resulting in an indirect comparison. The numerically higher RTS rate after free bone-block reconstruction does not establish superiority. Differences in the studies included and the definitions of RTS may account for variation in Latarjet estimates across reviews.

Schulz et al. reported the five-year outcomes of a trial in which 60 patients with glenoid bone loss >15% were randomized to open iliac crest J-bone grafting or open Latarjet. No significant differences were found in WOSI, Rowe, or Athletic Shoulder Outcome Scoring System scores, whereas internal rotation was better after iliac crest grafting. These findings support iliac crest grafting as an alternative reconstructive procedure.

4.2 Arthroscopic reconstruction with distal tibial allograft

In a 2026 retrospective cohort study, Ojaghi et al. compared 44 patients who underwent arthroscopic free bone block procedure with DTA and 40 who underwent arthroscopic Bankart repair. Glenoid bone loss was approximately 21% in the free bone block procedure group and 10% in the Bankart group. The free bone block procedure group showed a higher RTS rate and a lower redislocation rate, with no significant difference in time to return.

The study was a nonrandomized comparison of procedures performed by a single surgeon, and the groups differed in the degree of glenoid bone loss. Five patients in each group also underwent remplissage. RTS was assessed using a questionnaire, and time to return was defined as the time to full sports participation. The findings support the feasibility of RTS after DTA reconstruction in patients with bone loss, although causal superiority and objective recovery of performance were not established.

Studies of free bone block procedures have generally evaluated shoulder stability, clinical scores, and sports participation. Evidence regarding objective performance measures, including throwing velocity, playing volume, and season statistics, remains limited. Procedure selection should be based on the need for reconstruction according to bone loss and lesion characteristics, with RTS rates considered as supporting evidence. Graft union and structural reconstruction should also be evaluated separately from recovery of sports performance.

5. Assessment of readiness for return to sport

RTS decisions should account for biological healing and functional recovery. Time from surgery alone is insufficient to determine readiness, and functional test results do not replace the time required for healing. Criteria-based progression should incorporate healing of the repaired tissue or bone graft, symptoms, strength, and tolerance of sport-specific loading.

Drummond Junior et al. reported recurrent instability in 5% of Bankart patients cleared using objective strength and functional testing and 22% of time-based controls. Recurrence was defined as dislocation or subluxation symptoms requiring revision surgery. Some high-risk patients with substantial bone loss or a need for remplissage or bone grafting were excluded. These findings suggest an association between criteria-based clearance and lower recurrence.

Functional recovery may remain incomplete at six months after Latarjet. In a multicenter cohort of 65 patients, Frantz et al. found that 55% did not meet at least one strength or range-of-motion criterion at six months. The criteria were restoration of preoperative strength and a motion deficit of <20° relative to the contralateral shoulder in every plane; 71% had undergone Latarjet after failed stabilization. Six months may be insufficient for functional recovery in some patients.

Rehabilitation should progress from restricted individual training to team training, controlled contact or interval throwing, full practice, and competition. Assessment should include tolerance of repeated loading in addition to performance of a single movement, with continued monitoring of symptoms and training or playing volume after the first game. Psychological scores alone should not determine permission or restriction of RTS. The athlete, rehabilitation team, and surgeon should agree on the goals and risks of progression.

6. Conclusions

Shoulder stabilization procedures can facilitate RTS in appropriately selected patients. Comparisons should account for lesion characteristics, sports, surgical approaches, and definitions of return. Lower recurrence after Latarjet and favorable reconstructive outcomes after free bone-block procedures do not establish superior sports performance. Postoperative assessment should include sustained recovery of the preinjury role and performance with a stable shoulder, in addition to participation in competition.

7. References

Schwank A, et al. 2022 Bern Consensus Statement on Shoulder Injury Prevention, Rehabilitation, and Return to Sport for Athletes at All Participation Levels. J Orthop Sports Phys Ther. 2022;52(1):11-28. doi: 10.2519/jospt.2022.10952.

Memon M, et al. Return to sport following arthroscopic Bankart repair: a systematic review. J Shoulder Elbow Surg. 2018;27(7):1342-1347. doi: 10.1016/j.jse.2018.02.044.

Paul RW, et al. Return to sport and performance outcomes after isolated Bankart repair in professional baseball players. J Shoulder Elbow Surg. 2026;35(1):115-123. doi: 10.1016/j.jse.2025.05.007.

Gouveia K, et al. Return to Sport After Arthroscopic Bankart Repair With Remplissage: A Systematic Review.

Arthroscopy. 2023;39(4):1046-1059.e3. doi: 10.1016/j.arthro.2022.12.032.

Hurley ET, et al. Return to Play After the Latarjet Procedure for Anterior Shoulder Instability: A Systematic Review. Am J Sports Med. 2019;47(12):3002-3008. doi: 10.1177/0363546519831005.

Rossi LA, et al. Recurrence and Revision Rates With Arthroscopic Bankart Repair Compared With the Latarjet Procedure in Competitive Rugby Players With Glenohumeral Instability and a Glenoid Bone Loss <20%. Am J Sports Med. 2021;49(4):866-872. doi: 10.1177/0363546520988154.

Noyes CE, et al. A Comparison of Return to Sport After Bankart Repair Versus Latarjet for Shoulder Instability: A Systematic Review. Orthop J Sports Med. 2025. doi: 10.1177/23259671251380878.

Gowd AK, et al. Return to sport following Latarjet glenoid reconstruction for anterior shoulder instability. J Shoulder Elbow Surg. 2021;30(11):2549-2559. doi: 10.1016/j.jse.2021.04.020.

Greco V, et al. High Rate of Return to Sport in Contact and Collision Athletes After Arthroscopic Latarjet With Cortical Button Fixation. Am J Sports Med. 2024;52(12). doi: 10.1177/03635465241274797.

Gilat R, et al. Outcomes of the Latarjet Procedure Versus Free Bone Block Procedures for Anterior Shoulder Instability: A Systematic Review and Meta-analysis. Am J Sports Med. 2021;49(3):805-816. doi: 10.1177/0363546520925833.

Schulz E, et al. Hawkins Award 2024: free bone graft transfer vs. Latarjet procedure for treatment of anterior shoulder instability with glenoid bone loss: five-year follow-up of a prospective randomized trial. J Shoulder Elbow Surg. 2025;34(10):2330-2337. doi: 10.1016/j.jse.2025.01.017.

Ojaghi R, et al. Evaluating Return to Sport Outcomes: Arthroscopic Anatomic Glenoid Reconstruction vs. Bankart Repair. Orthop J Sports Med. 2026;14(6):23259671261440934. doi: 10.1177/23259671261440934.

Drummond Junior M, et al. Criteria-based return-to-sport testing is associated with lower recurrence rates following arthroscopic Bankart repair. J Shoulder Elbow Surg. 2021;30(7S):S14-S20. doi: 10.1016/j.jse.2021.03.141.

Frantz TL, et al. Are Patients Who Undergo the Latarjet Procedure Ready to Return to Play at 6 Months? A Multicenter Orthopaedic Outcomes Network (MOON) Shoulder Group Cohort Study. Am J Sports Med. 2020;48(4):923-930. doi: 10.1177/0363546520901538.

Otley T, et al. Return to Sport After Shoulder Stabilization Procedures: A Criteria-Based Testing Continuum to Guide Rehabilitation and Inform Return-to-Play Decision Making. Arthrosc Sports Med Rehabil. 2022;4(1):e237-e246. doi: 10.1016/j.asmr.2021.09.039.

윤병호

학력

한양대학교 의과대학 의학과 학사

차의과학대학교 대학원 정형외과학 석사, 박사

주요 경력

2018년 평창 동계올림픽 의무지원

대학스키연맹 KUSTA cup 의무지원 (매년)

2025.03~2026.02 해외 연수(고관절 스포츠의학·관절경): American Hip Institute, Kerlan-Jobe Clinic(미국), Centre Orthopédique Santy(프랑스)

2021.03~현재 이대목동병원 정형외과 교수

대한스포츠의학회·대한정형외과스포츠의학회·대한관절경학회·대한고관절학회 정회원

현재 소속 및 직위

이화여자대학교 의과대학 이대목동병원 정형외과 교수

대표논문

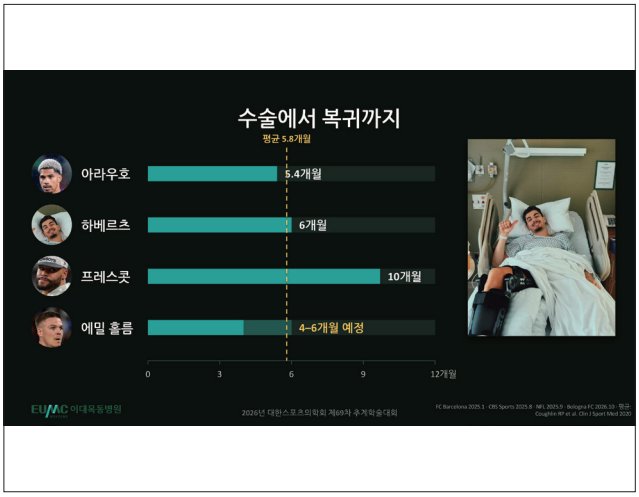
1. Yoon BH, et al. Adhesive Capsulitis of the Hip: Clinical Features, Diagnosis, and Management. Hip Pelvis. 2025;37(3):171-177.
2. Yoon BH, Mont MA, Koo KH, et al. The 2019 Revised Version of Association Research Circulation Osseous Staging System of Osteonecrosis of the Femoral Head. J Arthroplasty. 2020;35(4):933-940.
3. Yoon BH, Kim MS, Roh YH. Does the Nonunion Rate of Atypical Femoral Fractures Differ According to Fracture Site?: A Meta-Analysis. Clin Orthop Surg. 2024;16(4):533-541.

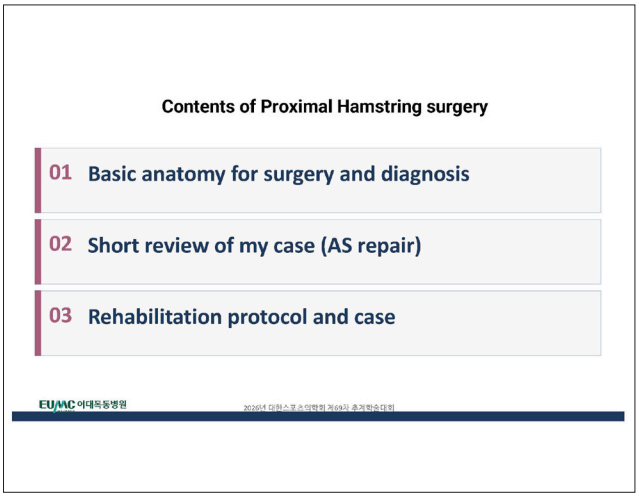
Rehabilitation after Arthroscopic Hamstring Surgery (Hip)

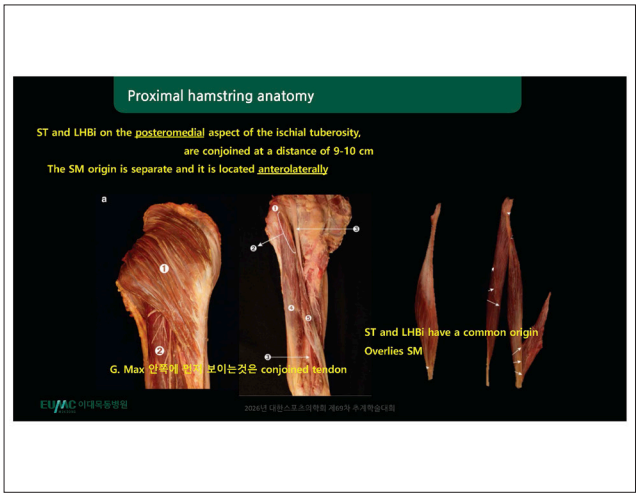
이대목동병원

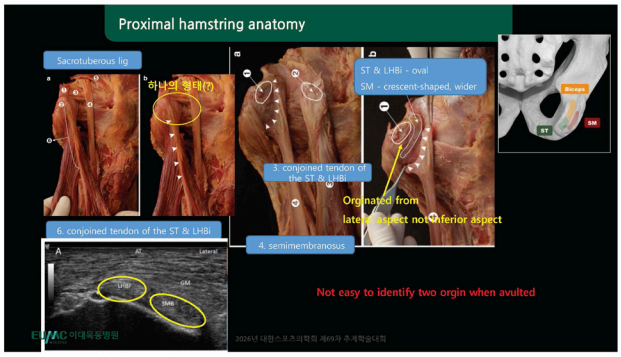
윤병호

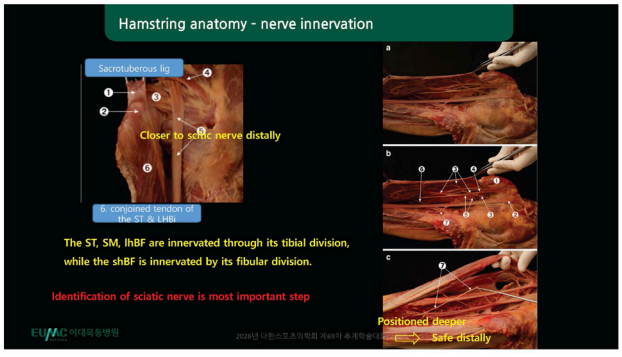


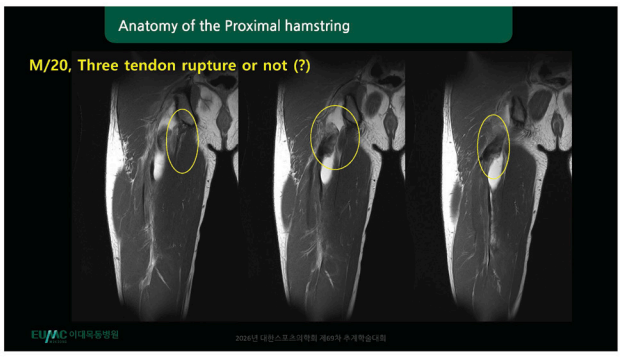


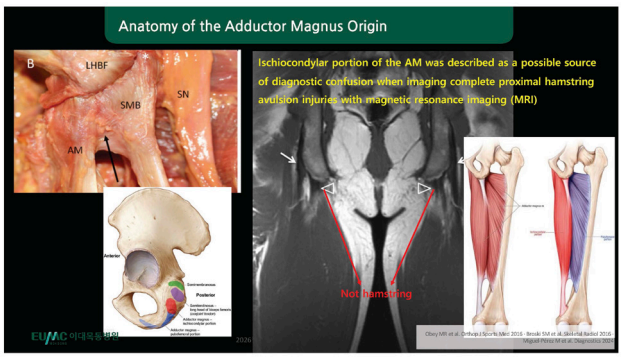


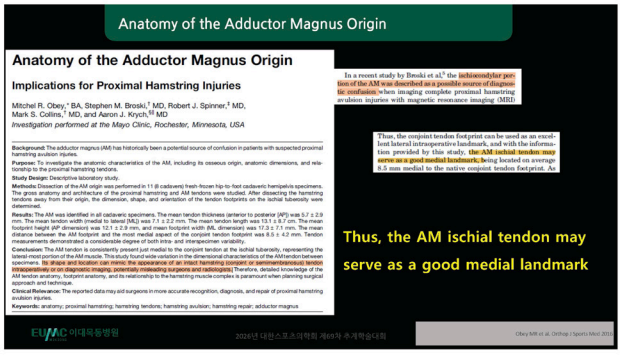


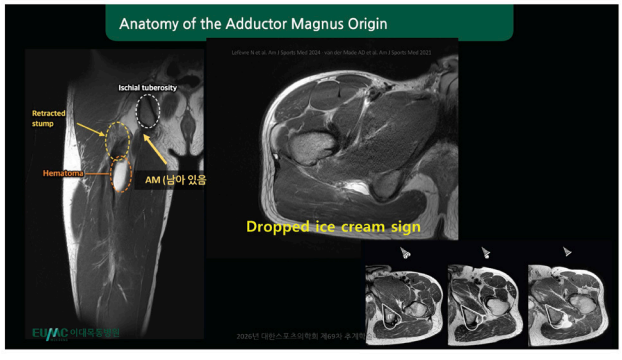

Proximal hamstring anatomy
Sacrotuberous lig
하나의 형태(?)
ST & LHBi - oval
SM - crescent-shaped, wider
3. conjoined tendon of the ST & LHBi
Originated from lateral aspect not anterior aspect
6. conjoined tendon of the ST & LHBi
4. semimembranosus
Not easy to identify two orgin when avulted
Biceps
ST
SM
LHBF
SMB
EUMC 이대목동병원


Hamstring anatomy - nerve innervation
Sacrotuberous lig
Closer to sciatic nerve distally
6. conjoined tendon of the ST & LHBi
The ST, SM, lhBF are innervated through its tibial division, while the shBF is innervated by its fibular division.
Identification of sciatic nerve is most important step
Positioned deeper
Safe distally
EUMC 이대목동병원

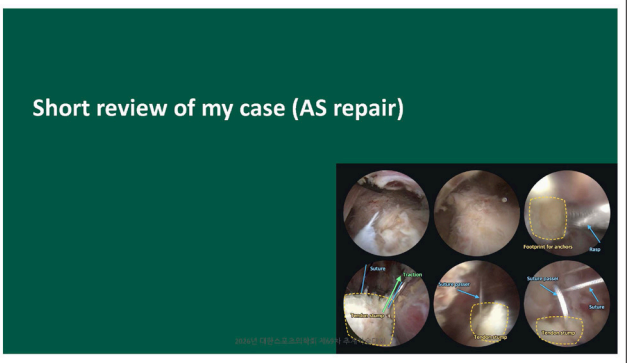

Anatomy of the Proximal hamstring
M/20, Three tendon rupture or not (?)
EUMC 이대목동병원

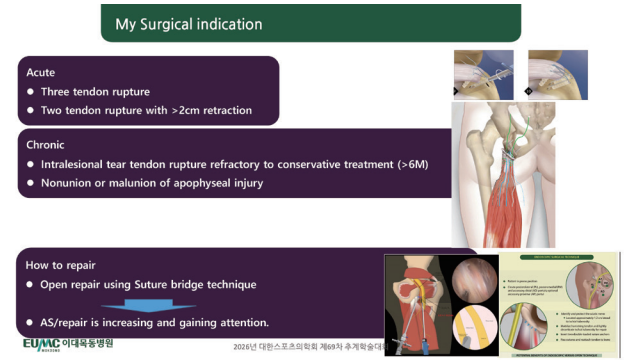

Anatomy of the Adductor Magnus Origin
LHBF
SMB
SN
AM
Ischiocondylar portion of the AM was described as a possible source of diagnostic confusion when imaging complete proximal hamstring avulsion injuries with magnetic resonance imaging (MRI)
Not hamstring
EUMC 이대목동병원

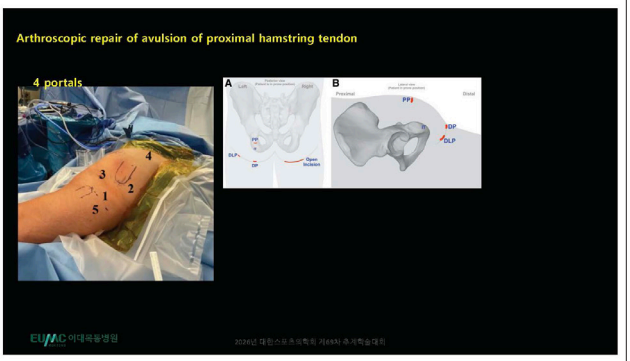

Anatomy of the Adductor Magnus Origin
Anatomy of the Adductor Magnus Origin
Implications for Proximal Hamstring Injuries
In a recent study by Broski et al the ischiocondylar portion of the AM was described as a possible source of diagnostic confusion when imaging complete proximal hamstring avulsion injuries with magnetic resonance imaging (MRI)
Thus, the conjoint tendon footprint can be used as an excellent lateral intraoperative landmark, and with the information provided by this study, the AM ischial tendon may serve as a good medial landmark, being located on average 8.5 mm medial to the native conjoint tendon footprint. As
Thus, the AM ischial tendon may serve as a good medial landmark
EUMC 이대목동병원

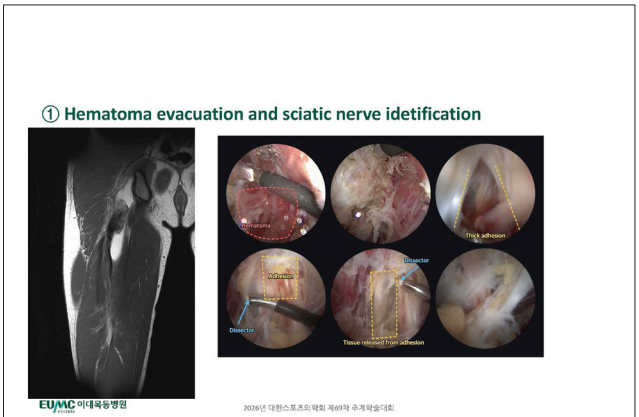

Anatomy of the Adductor Magnus Origin
Ischial tuberosity
Retracted stump
Hematoma
AM (남아 있음)
Dropped ice cream sign
EUMC 이대목동병원

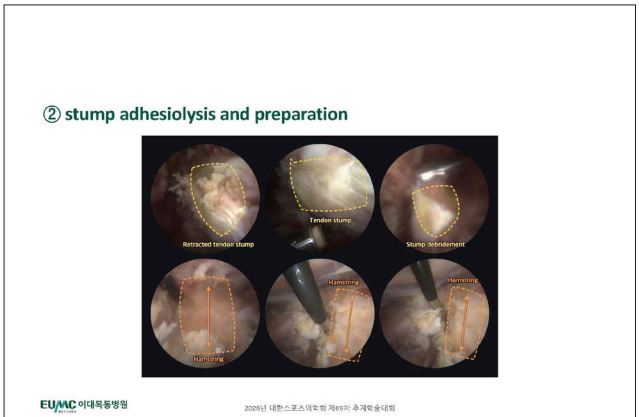

Hamstring anatomy - Axial view of two tendon tear
Axial view: Key to Hamstring Anatomy on MRI
Normal
Two tendon tear
EUMC 이대목동병원


Short review of my case (AS repair)

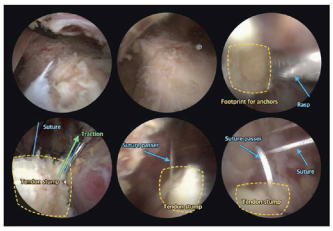

My Surgical indication
Acute
Three tendon rupture
Two tendon rupture with >2cm retraction
Chronic
Intralesional tear tendon rupture refractory to conservative treatment (>6M)
Nonunion or malunion of apophyseal injury
How to repair
Open repair using Suture bridge technique
AS/repair is increasing and gaining attention.
EUMC 이대목동병원


Arthroscopic repair of avulsion of proximal hamstring tendon
4 portals
EUMC 이대목동병원


① Hematoma evacuation and sciatic nerve idetification
Hematoma
Thick adhesion
Adhesion
Dissector
Tissue released from adhesion
EUMC 이대목동병원

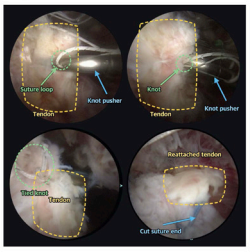

② stump adhesiolysis and preparation
Retracted tendon stump
Tendon stump
Stump debridement
Hamstring
EUMC 이대목동병원

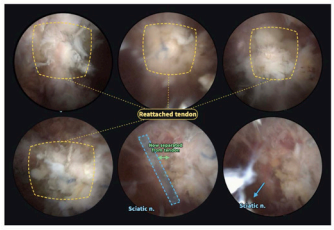
③ Anchor insertion and suture



EUMC 이대목동병원

④ Tie & evaluation





EUMC 이대목동병원

Rehabilitation protocol and case



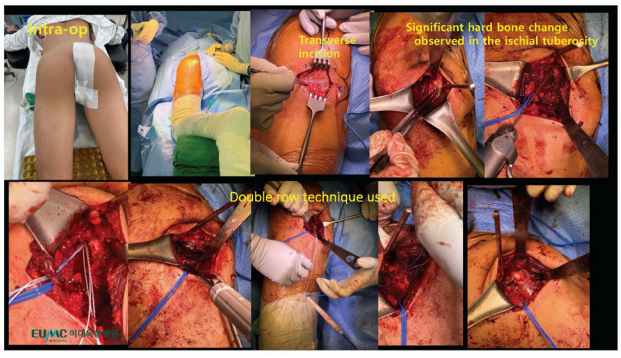
Painful memory (Malunion of physis injury)

M/16, soccer player
내원 3년전 축구 도중 발 뻗다 수상하여 Lt physis injury로 6개월 휴식
이후 축구하며 지냈는데 점차 심해지는 통증으로 difficulty in running/kicking

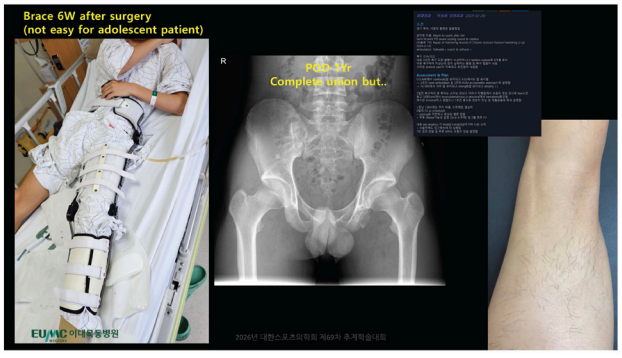




EUMC 이대목동병원



EUMC 이대목동병원



EUMC 이대목동병원

Hamstring injury - rehabilitation

Rehabilitation after surgery



- Week 1: Begin passive range of motion exercises.
- Weeks 4-6: Progress to active range of motion and gentle stretching.
- Months 3-6: Gradually increase activity levels and focus on sport-specific drills.
- Weeks 2-4: Initiate isometric strengthening and muscle stimulation.
- Weeks 6-12: Incorporate low-impact cardio and progressive resistance training.
- Months 6-12: Continue strength and conditioning to regain full function.

One-size-fits-all return-to-play protocol VS an individualized approach based on sport and injury
Poor communication between treating physician and trainers
psychological factors such as anxiety, fear of decreased performance, and fear of reinjury

EUMC 이대목동병원

2026년 대한스포츠의학회 제69차 추계학술대회

Hamstring injury - rehabilitation after conservative Tx

단계	시기	주요 운동	다음 단계 진행 기준
1단계	0 ~ 1주	RICE, 마사지 짐볼 ROM, PKET	통증 ↓ 정상 보행
		 	
2단계	1 ~ 4주	Foam roller, 등척성 운동 짐볼 컬, 한발 브릿지	능동 무릎 신전 건측 90% 이상
		 	
3단계	4주 이후	노르딕 컬, Askling L-protocol 직선 달리기	LSI 90% 이상 H-test 통증 없음



EUMC 이대목동병원

2026년 대한스포츠의학회 제69차 추계학술대회

Hamstring injury - rehabilitation after operative Tx

단계	시기	주요 내용
힘줄 보호	0 ~ 4주	보조기 45° 잠금, 부분 체중부하 발목 펌프, 등척성 운동
초기 근력	4 ~ 12주	보조기 해제, 정상 보행 회복 햄스트링 세트, 짐볼 컬
편심성 강화	3 ~ 5개월	보조 노르딕 컬, 한발 브릿지 직선 달리기 시작
복귀 준비	5개월 이후	노르딕 컬 (완전), 전력 질주 종목 특이적 훈련







EUMC 이대목동병원

2026년 대한스포츠의학회 제69차 추계학술대회

Hamstring injury - Return to sports

1단계
활동 참여
Return to Participation
저강도 드릴, 팀 훈련 일부 참여

2단계
스포츠 복귀
Return to Sport
팀 훈련 완전 합류, 100% 강도 동작

3단계
퍼포먼스 복귀
Return to Performance
부상 전 기록 회복, 올타임 경기

전문 선수는 2단계에서 3단계까지 추가로 2~3개월 필요

항목	보존적 치료	수술 후
근력 대칭 (LSI)	≥ 90%	≥ 95%
통속성 검사	참고 기준	양측 차이 ≤ 10% (필수)
기능 검사	전력 질주 통과	전력 질주 + 콥 테스트
Askling H-test	통증 없음	통증 없음
최소 기간	3 ~ 6주	4 ~ 6개월 이상

EUMC 이대목동병원

2026년 대한스포츠의학회 제69차 추계학술대회

Hamstring injury - 환자 안내문



EUMC 이대목동병원

2026년 대한스포츠의학회 제69차 추계학술대회

Postop-rehabilitation case

Initial

Avoid coupled hip flexion & knee extension

Hinged knee brace fixed at 45° for 4 weeks
Wheel chair ambulation

Very anxious patient – encourage crutch ambulation



EUMC 이대목동병원

2026년 대한스포츠의학회 제69차 추계학술대회

Postop-rehabilitation case

POD #11



EUMC 이대목동병원

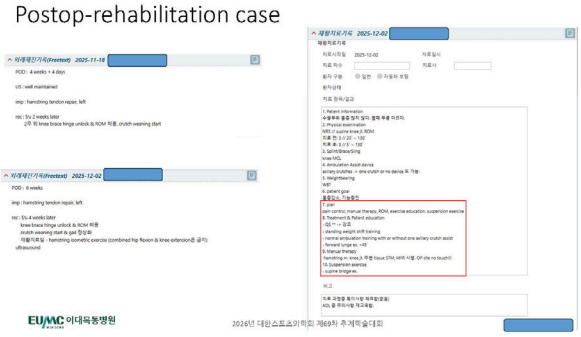
Postop-rehabilitation case

POD #11 Ultrasound check (POD #3 MRI)



EUMC 이대목동병원

Postop-rehabilitation case



EUMC 이대목동병원 2026년 대한스포츠의학회 제69차 추계학술대회

Postop-rehabilitation case



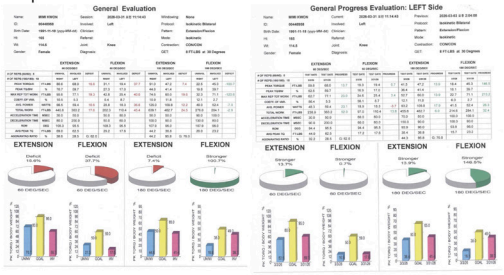
EUMC 이대목동병원 2026년 대한스포츠의학회 제69차 추계학술대회

Postop-rehabilitation case



EUMC 이대목동병원

Postop-rehabilitation case



EUMC 이대목동병원 2026년 대한스포츠의학회 제69차 추계학술대회

Summary

Anatomy	Understanding proximal hamstring anatomy is the key	
Surgery	Arthroscopic repair can allow early rehabilitation	
Rehab	Protect, don't immobilize long (45°, 4 wks) - return by criteria	

EUMC 이대목동병원

2026년 대한스포츠의학회 제69차 추계학술대회



정광호

학력

연세대학교 의과대학 의학과 졸업

연세대학교 대학원 의학과 박사과정 수료

주요 경력

대한관절경학회 학술위원, 슬관절분과 간사

대한정형외과스포츠학회 홍보전산위원

대한슬관절학회 보험위원 / 사료편찬위원회 간사/

KSSTA (Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy) 편집위원

현재 소속 및 직위

연세대학교 의과대학 정형외과학교실 조교수 / 용인세브란스병원 정형외과

대표논문

1. Chung K, Han JH, Jung SH, Moon HS, Jung M, Kim SH. Hamstring tendon versus bone-patellar tendon-bone autograft for ACL reconstruction with concurrent lateral extra-articular procedure: a systematic review and network meta-analysis of randomized controlled trials. The Journal of Bone and Joint Surgery. 2025;107(21):2425-2436.
2. Chung K, Jung M, Jang KM, Park SH, Nam BJ, Kim H, Kim SH. Particulated costal allocartilage with microfracture versus microfracture alone for knee cartilage defects: a multicenter, prospective, randomized, participant- and rater-blinded study. Orthopaedic Journal of Sports Medicine. 2023;11(7):23259671231185570.
3. Chung K, Jung M, Jang KM, Park S, Kim J, Kim SH. Acellular particulated costal allocartilage improves cartilage regeneration in high tibial osteotomy: data from a randomized controlled trial. Cartilage. 2025;16(3):322-332.

Return to Sport after ACL Reconstruction (Knee)

용인세브란스병원

정광호

서론

전방십자인대 손상은 젊고 활동적인 인구에서 흔하게 발생하는 대표적인 스포츠 손상 중 하나이다. 특히 축구, 농구, 핸드볼, 스키와 같이 갑작스러운 방향 전환, 감속, 점프 착지 및 pivoting 동작이 반복되는 스포츠에서 흔하다. 전방십자인대 재건술의 중요한 목표는 무릎의 안정성을 회복하는 것뿐 아니라 환자가 수상 전 활동 수준으로 안전하게 복귀할 수 있도록 하는 데 있다. 따라서 수술 자체의 성공 여부와 함께 수술 후 언제, 어떠한 기준을 바탕으로 스포츠 복귀를 허용할 것인가는 치료 과정의 핵심적인 문제이다.

과거에는 전방십자인대 재건술 후 스포츠 복귀를 주로 수술 후 경과 기간에 따라 판단하였다. 수술 후 6개월, 9개월 또는 12개월과 같이 특정 시점이 지나면 복귀를 고려하는 방식이었다. 그러나 같은 시기의 환자라 하더라도 근력 회복, 신경근 조절 능력, 점프와 착지 능력, 무릎의 안정성, 심리적 준비도에는 상당한 차이가 존재한다. 따라서 단순히 시간이 충분히 경과했다는 사실만으로 안전한 스포츠 복귀를 보장하기는 어렵다.

실제 전방십자인대 재건술 후 어떠한 형태로든 스포츠에 복귀하는 비율은 비교적 높지만, 수상 전 수준이나 경쟁 수준의 스포츠로 완전히 복귀하는 비율은 그보다 낮다. 또한 특히 젊은 운동선수와 높은 수준의 pivoting sport에 복귀하는 환자에서는 두 번째 전방십자인대 손상의 위험이 높다. 그러므로 스포츠 복귀의 목표는 단순히 운동을 다시 시작하게 하는 것이 아니라, 충분한 기능 회복을 바탕으로 재손상 위험을 최소화하면서 안전하게 복귀시키는 데 있다.[1-3]

최근에는 스포츠 복귀를 하나의 시점이 아니라 연속적인 과정으로 이해한다. 낮은 수준의 훈련이나 제한된 스포츠 활동에 참여하는 return to participation, 수상 전과 동일한 종목과 수준으로 돌아가는 return to sport, 그리고 수상 전 경기력까지 회복하는 return to performance의 단계로 구분할 수 있다. 이러한 개념은 환자에게 단순히 몇 개월 후 운동이 가능하다고 설명하기보다, 현재 어느 단계까지 복귀가 가능한지를 평가해야 한다는 의미이다.[4,5]

Panther Symposium consensus에서는 순수하게 시간만을 기준으로 스포츠 복귀를 결정하는 접근을 지양하고, 객관적인 신체검사와 검증된 return-to-sport test를 시행한 뒤 완전한 스포츠 참여 여부를 결정할 것을 권고한다. 또한 신체적 회복과 함께 심리적 준비도도 검증된 척도로 평가해야 한다. 따라서 전방십자인대 재건술 후 스포츠 복귀는 시간, 객관적 기능, 운동 수행 능력, 무릎 안정성, 심리적 준비도 및 스포츠 특이적 요구도를 종합적으로 판단하는 과정이라 할 수 있다.[5]

본론

1. 스포츠 복귀 시점: 시간은 필요하지만 단독 기준은 아니다

전방십자인대 재건술 후 스포츠 복귀를 결정할 때 가장 먼저 고려되는 요소는 시간이다. 임상에서는 전통적으로 수술 후 9개월을 중요한 기준점으로 사용해 왔다. 이러한 기준은 여러 연구에서 9개월 이전의 조기 복귀가 재손상 위험과 연관되어 있다는 결과가 보고되면서 널리 받아들여졌다.

대표적인 연구에서는 수술 후 9개월까지 스포츠 복귀를 한 달씩 지연할수록 재손상 위험이 감소하는 경향이 관찰되었고, 9개월 이전에 복귀한 환자에서 9개월 이후 복귀한 환자보다 재손상률이 높았다. 특히 젊은 운동선수에서는 9개월 이전의 스포츠 복귀가 두 번째 ACL 손상 위험 증가와 연관된다는 보고가 있어, 조기 복귀에 대한 경계가 필요하다.[3,6]

반면 최근에는 객관적인 기능 기준을 충분히 충족한 환자에서 9개월이라는 시간 자체가 독립적인 재손상 위험인자인지에 대한 의문도 제기되고 있다. 즉 시간은 중요한 요소이지만 기능적 회복을 대신할 수는 없다. 이러한 근거를 종합하면 9개월은 절대적인 통과 기준이라기보다는 하나의 중요한 안전 기준으로 보는 것이 적절하다. 특히 6개월 이전의 복귀는 위험성이 높으므로 피하는 것이 타당하며, 그 이후에는 시간과 기능 회복 정도를 함께 평가해야 한다.[7,8]

따라서 스포츠 복귀 시점을 결정하는 기본 원칙은 '몇 개월이 지났는가'와 '실제로 필요한 기능이 회복되었는가'를 동시에 확인하는 것이다. 단순히 시간이 지났다는 이유로 복귀를 허용해서는 안 되며, 반대로 기능이 좋다는 이유만으로 biological recovery가 충분하지 않은 시점에 무리하게 복귀시켜서도 안 된다.

2. 객관적 기능 평가: 근력, Hop test와 움직임의 질

스포츠 복귀를 평가하기 위해 가장 전통적으로 사용되는 방법은 등속성 근력검사와 hop test이다. 대표적인 평가 항목으로는 isokinetic strength test, single hop, triple hop, triple crossover hop, running T-test 및 on-field rehabilitation completion이 있다. 이러한 검사는 단순한 근력뿐 아니라 추진력, 착지 능력, 반복적인 한발 수행 능력과 방향 전환 능력을 함께 평가할 수 있다는 장점이 있다.

기존 연구에서는 60°/s에서 quadriceps deficit이 10% 미만이고, single hop, triple hop, triple crossover hop에서 limb symmetry index가 90% 이상인 경우를 주요 통과 기준으로 사용하였다. 이러한 discharge criteria를 충족하지 못한 상태에서 스포츠에 복귀한 선수에서는 graft rupture 위험이 유의하게 높게 나타났다. 이는 복귀 전 객관적 기능 평가가 단순한 참고 자료가 아니라 안전성과 직접적으로 연관된 요소임을 보여준다.[3,9]

특히 quadriceps strength는 스포츠 복귀 과정에서 핵심적인 지표이다. Quadriceps는 달리기, 감속, 점프, 착지 및 방향 전환 과정에서 무릎을 안정화하고 충격을 흡수하는 데 중요한 역할을 한다. 수술 후 quadriceps weakness가 지속되면 환자는 다른 관절이나 건측에 부하를 분산시키는 보상 동작을 사용할 수 있으며, 이러한 비대칭은 스포츠 상황에서 수행 저하와 재손상 위험 증가로 이어질 수 있다.

근력과 hop test에서는 일반적으로 limb symmetry index, 즉 LSI를 사용한다. LSI는 환측 수행 능력을 건측 수행 능력으로 나눈 값에 100을 곱하여 계산한다. 임상적으로 이해하기 쉽고 반복 측정이 편리하지만, 건측 역시 수술 후 활동 감소와 deconditioning으로 약화될 수 있다는 한계가 있다. 양쪽 다리가 모두 약해진 상태에서도 LSI가 90% 이상으로 나타날 수 있기 때문에, LSI가 정상이라고 해서 반드시 수상 전 기능이 회복되었다고 볼 수는 없다.[11,12]

따라서 최근에는 LSI뿐 아니라 절대적인 근력과 수술 전 기능 수준을 함께 평가하는 접근이 중요하다. 가능하다면 수술 전 양측 근력을 확보해 두고 수술 후 절대값을 비교하는 것이 유용하며, 체중 대비 peak torque나 스포츠 종목 및 경기 수준에 따른 normative value를 함께 참고하는 것이 바람직하다.[11,18]

또한 단순한 거리와 시간뿐 아니라 movement quality를 평가해야 한다. 점프나 착지 시 hip, knee, ankle의 정렬과 관절 각도, dynamic valgus, trunk control 등을 함께 관찰해야 한다. High-speed running이나 change of direction에서도 좌우 부하의 대칭과 움직임의 질을 확인하는 것이 중요하다. 즉 동일한 거리를 뛴다는 결과만으로는 충분하지 않으며, 그 동작을 어떠한 방식으로 수행하는지까지 평가해야 한다.

3. 최신 RTS 기준: 다차원적인 평가

Aspetar clinical practice guideline은 전방십자인대 재건술 후 스포츠 복귀를 다차원적으로 평가하도록 제안한다. 첫 번째 영역은 clinical status이다. 통증과 관절삼출이 없어야 하며, 완전한 관절운동 범위가 회복되어야 한다. 또한 Lachman test, pivot shift 및 instrumented laxity 등을 통해 안정적인 무릎이 확인되어야 한다.[18]

두 번째 영역은 환자보고결과와 심리적 준비도이다. IKDC와 같은 patient-reported outcome measure를 이용하여 환자가 느끼는 무릎 기능을 확인하고, ACL-RSI 또는 Tampa Scale of Kinesiophobia를 이용해 스포츠 복귀에 대한 자신감과 재손상에 대한 두려움을 평가한다.[18]

세 번째 영역은 근력이다. 특히 고강도 pivoting sport에 복귀하는 선수에서는 quadriceps와 hamstring peak torque의 높은 좌우 대칭성을 목표로 한다. 단순히 건측과 비슷한 수준을 만드는 것뿐 아니라, 가능하다면 수술 전 절대값과 스포츠 종목별 요구 수준을 회복해야 한다.[18]

네 번째 영역은 jump와 reactive strength이다. Countermovement jump, drop jump와 같은 검사를 이용하여 jump height뿐 아니라 concentric 및 eccentric impulse, 접지시간, force production 등을 확인할 수 있다. Reactive Strength Index를 이용하면 짧은 시간 동안 힘을 흡수하고 다시 생성하는 stretch-shortening cycle의 효율을 평가할 수 있다.[18]

다섯 번째 영역은 movement quality이다. 점프와 착지 과정에서 hip-knee-ankle의 움직임과 하중 분배를 확인하고, running과 change of direction에서도 대칭성과 동작의 질을 평가해야 한다. 이러한 평가는 기존의 단순한 근력과 hop distance만으로 확인하기 어려운 신경근 조절 능력을 반영한다.[18]

마지막 영역은 sport-specific rehabilitation이다. 실제 스포츠 복귀 전에는 해당 종목에 필요한 달리기, 감속, 방향 전환, 점프, 착지 및 접촉 상황에 단계적으로 노출되어야 한다. 또한 clinic에서 clearance를 받았다는 것은 곧바로 경기 복귀를 의미하지 않는다. 제한된 훈련, full training, practice, competition으로 이어지는 단계적인 progression이 필요하다.[18]

4. 심리적 준비도: ACL-RSI의 역할과 해석

신체적 기능이 충분히 회복되었더라도 스포츠 복귀에 대한 두려움이나 자신감 부족으로 실제 복귀가 지연되는 경우가 많다. 반대로 신체 기능이 충분히 회복되지 않았음에도 자신감이 지나치게 높은 경우에는 위험한 조기 복귀가 발생할 수 있다. 따라서 심리적 준비도는 스포츠 복귀 결정에서 별도의 평가가 필요한 중요한 영역이다.

ACL-RSI는 스포츠 복귀와 관련된 감정적 반응, 수행 능력에 대한 자신감, 재손상 위험에 대한 인식 등을 평가하는 대표적인 도구이다. 여러 연구에서 실제 스포츠에 복귀한 환자는 복귀하지 못한 환자보다 ACL-RSI 점수가 높게 나타났으며, 수술 후 6개월 시점의 높은 ACL-RSI는 이후 스포츠 복귀 가능성과 연관되는 것으로 보고되었다.[13,14,16]

그러나 ACL-RSI 점수가 높다고 해서 항상 안전한 복귀를 의미하는 것은 아니다. 일부 연구에서는 재파열이 발생한 환자에서 오히려 심리적 준비도가 더 높게 나타난 경우도 있다. 이는 자신감이 실제 신체적 회복 정도보다 앞서 나갈 수 있음을 의미한다. 따라서 ACL-RSI를 단독 pass-fail 기준으로 사용하기보다는 근력, hop test, movement quality 및 스포츠 특이적 능력과 함께 종합적으로 해석해야 한다.[17]

또한 문헌에서 제시되는 ACL-RSI cutoff는 연구마다 차이가 있다. 따라서 특정 점수 하나만을 절대적인 복귀 기준으로 적용하기보다는 연속적으로 점수를 추적하면서 환자의 두려움, 자신감 및 실제 기능과의 관계를 함께 평가하는 것이 합리적이다.[15,16]

5. 단계별 외래 프로토콜: 수술 전부터 9개월까지의 Gate

스포츠 복귀 평가는 수술 후 9개월에 처음 시행하는 단일 검사가 아니라 수술 전부터 반복적으로 진행하는 것이 바람직하다. 본 강의에서 제시하는 외래 프로토콜은 수술 전, 수술 후 6주, 3개월, 6개월, 9개월을 주요 gate로 설정하고, 필요에 따라 12개월과 24개월에 재평가하는 구조이다.[7,18]

수술 전에는 baseline evaluation과 교육을 시행한다. Knee extension과 quadriceps activation을 확인하고, 양측 하지의 근력을 측정하며 ACL-RSI를 기록한다. 수술 전 평가를 통해 환자의 절대적인 기능 수준을 확보하면 이후 LSI의 한계를 보완할 수 있으며, 환자에게 스포츠 복귀가 단순한 시간 경과가 아니라 여러 단계의 기준을 통과하는 과정임을 미리 설명할 수 있다.[18]

수술 후 6주에는 초기 회복을 확인한다. 관절삼출은 거의 없거나 최소 수준이어야 하고, full extension과 120도 이상의 flexion을 목표로 한다.

또한 single-leg stance에서 terminal extension을 유지할 수 있을 정도의 quadriceps control이 필요하다. 이 시기에는 고강도의 기능 평가보다 정상 보행과 기본적인 근활성 회복이 중요하다.[18,19,20]

수술 후 3개월은 running gate로 설정할 수 있다. 관절삼출이 없거나 trace 정도이고, 충분한 ROM이 확보되어야 한다. Quadriceps LSI는 약 80% 이상을 목표로 하며, pain-free pogo와 같은 낮은 수준의 반복 점프를 안정적으로 수행할 수 있어야 한다. 이러한 조건을 충족하면 단계적인 running programme을 시작할 수 있다.[18]

수술 후 6개월은 plyometric 및 agility exercise로 진행하기 위한 gate이다. 10분 정도의 jogging 이후에도 effusion이 발생하지 않아야 하며, full ROM과 안정적인 Lachman 및 pivot shift 소견을 확인한다. Quadriceps와 hop performance는 최소 80% 이상의 LSI를 목표로 하고, 착지 과정에서 좋은 movement quality가 확인되어야 한다. 이 시기의 full battery 결과는 9개월 RTS test의 중요한 기준점이 된다.[18,22,23]

수술 후 9개월에는 formal RTS test를 시행한다. 이 단계에서는 관절삼출이 없어야 하고 full ROM이 확보되어야 하며, Lachman과 pivot shift에서 안정적인 무릎이 확인되어야 한다. Instrumented laxity는 임상적으로 의미 있는 차이가 없어야 한다. Quadriceps와 hamstring LSI는 최소 90% 이상, 여러 hop test의 LSI 역시 90% 이상을 목표로 한다. 또한 착지 시 dynamic valgus가 없어야 하고, IKDC와 ACL-RSI를 포함한 환자보고결과 및 심리적 준비도를 함께 평가한다. Sport-specific training을 통증이나 effusion 없이 완료했는지도 최종적으로 확인한다.[15,16,18,21,24]

6. 9개월 이후의 의사결정과 환자별 조정

9개월 평가 이후에는 단순히 pass와 fail 두 그룹으로만 나누기보다는 부족한 영역이 무엇인지에 따라 다음 계획을 결정하는 것이 중요하다. 모든 기준을 충족한 환자는 unrestricted training으로 진행한 뒤 practice와 competition으로 단계적으로 복귀시킬 수 있다. 최종적인 스포츠 복귀 결정은 surgeon, physical therapist와 환자가 함께 참여하는 shared decision-making 형태가 적절하다.[5]

Physical criteria를 충족하지 못한 경우에는 부족한 항목을 구체적으로 확인하고 targeted rehabilitation을 시행한다. Quadriceps weakness가 주된 문제이면 근력 재활을 강화하고, hop performance가 부족하면 plyometric exercise를 보강한다. Movement quality가 좋지 않다면 착지와 change-of-direction technique을 교정해야 한다. 이후 약 6주 간격으로 재평가하고 필요하면 12개월에 full re-test를 시행할 수 있다.[7]

신체적 기준은 충족했지만 ACL-RSI가 낮은 경우에는 특정 동작이나 상황에 대한 두려움을 확인하고 graded exposure를 시행하는 것이 중요하다. 필요한 경우 스포츠 심리 전문가의 평가나 상담을 고려할 수 있다.[5,18]

환자 특성에 따른 개별화 역시 필요하다. 25세 미만의 젊은 환자는 두 번째 ACL 손상의 위험이 높으므로 보다 보수적인 복귀를 고려할 수 있다. 축구나 농구와 같은 Level I pivoting sport에 복귀하는 환자에서는 보다 높은 수준의 quadriceps 및 hamstring symmetry가 요구될 수 있다.[2,3,18,19,26]

Revision ACL reconstruction 환자는 primary ACL reconstruction 환자보다 스포츠 복귀율과 심리적 준비도가 낮을 수 있어 수술 전부터 psychological screening과 현실적인 기대 설정이 중요하다. Meniscus repair나 cartilage procedure가 동반된 경우에는 ACL reconstruction 자체보다 동반 조직의 biological healing과 loading protocol을 우선하여 재활 속도를 조절해야 한다. Hamstring graft를 사용한 환자에서는 quadriceps뿐 아니라 hamstring strength와 H/Q ratio도 함께 추적하는 것이 필요하다.[9,18,25]

결론

전방십자인대 재건술 후 스포츠 복귀는 단순한 시간 기반 결정이 아니라 충분한 회복 기간과 객관적인 기능, 무릎 안정성, 심리적 준비도 및 스포츠 특이적 능력을 함께 평가하는 과정이다. 특히 지나치게 이른 복귀를 피하고, 근력과 hop performance를 포함한 객관적 기준을 충족한 뒤 단계적으로 스포츠에 노출시키는 것이 중요하다.[5,18]

실제 임상에서는 수술 전 baseline 평가를 시작으로 6주, 3개월, 6개월, 9개월에 각각 recovery, running, plyometric, RTS gate를 두고 반복적으로 평가하는 방식이 유용하다. 최종적으로는 '9개월이 되었기 때문에 복귀한다'가 아니라, '충분한 시간이 경과하고 신체적·기능적·심리적 기준을 충족했기 때문에 단계적으로 복귀한다'는 원칙이 중요하다.[7,18]

References

1. Ardern CL, et al. Fifty-five per cent return to competitive sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: an updated systematic review and meta-analysis including aspects of physical functioning and contextual factors. Br J Sports Med. 2014;48:1543-1552.
2. Wiggins AJ, et al. Risk of secondary injury in younger athletes after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis. Am J Sports Med. 2016;44:1861-1876.
3. Grindem H, et al. Simple decision rules can reduce reinjury risk by 84% after ACL reconstruction: the Delaware-Oslo ACL cohort study. Br J Sports Med. 2016;50:804-808.
4. Ardern CL, et al. 2016 Consensus statement on return to sport from the First World Congress in Sports Physical Therapy, Bern. Br J Sports Med. 2016;50:853-864.
5. Meredith SJ, et al. Return to sport after anterior cruciate ligament injury: Panther Symposium ACL Injury Return to Sport Consensus Group. Orthop J Sports Med. 2020;8:2325967120930829.
6. Beischer S, et al. Young athletes who return to sport before 9 months after anterior cruciate ligament reconstruction have a rate of new injury 7 times that of those who delay return. J Orthop Sports Phys Ther. 2020;50:83-90.
7. Kotsifaki R, et al. Is 9 months the sweet spot for male athletes to return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction? Br J Sports Med. 2025;59:667-675.
8. Piussi R, et al. Better safe than sorry? A systematic review with meta-analysis on time to return to sport after ACL reconstruction as a risk factor for second ACL injury. J Orthop Sports Phys Ther. 2024;54:161-175.
9. Kyritsis P, et al. Likelihood of ACL graft rupture: not meeting six clinical discharge criteria before return to sport is associated with a four times greater risk of rupture. Br J Sports Med. 2016;50:946-951.
10. Losciale JM, et al. The association between passing return-to-sport criteria and second anterior cruciate ligament injury risk: a systematic review with meta-analysis. J Orthop Sports Phys Ther. 2019;49:43-54.
11. Wellsandt E, et al. Limb symmetry indexes can overestimate knee function after anterior cruciate ligament injury. J Orthop Sports Phys Ther. 2017;47:334-338.
12. Kotsifaki A, et al. Single leg hop for distance symmetry masks lower limb biomechanics: time to discuss hop distance as decision criterion for return to sport after ACL reconstruction? Br J Sports Med. 2022;56:249-256.
13. Xiao M, et al. Patients who return to sport after primary anterior cruciate ligament reconstruction have significantly higher psychological readiness: a systematic review and meta-analysis of 3744 patients. Am J Sports Med. 2023;51:2774-2783.
14. Sell TC, et al. Anterior Cruciate Ligament Return to Sport after Injury Scale (ACL-RSI) scores over time after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review with meta-analysis. Sports Med Open. 2024;10:49.
15. Kodama E, et al. Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction: a scoping review of criteria

determining return to sport readiness. Curr Rev Musculoskelet Med. 2025;18:1-5.
16. Webster KE, Feller JA. Who passes return-to-sport tests, and which tests are most strongly associated with return to play after anterior cruciate ligament reconstruction? Orthop J Sports Med. 2020;8:2325967120969425.
17. Piussi R, et al. Greater psychological readiness to return to sport, as well as greater present and future knee-related self-efficacy, can increase the risk for an anterior cruciate ligament re-rupture: a matched cohort study. Arthroscopy. 2022;38:1267-1276.
18. Kotsifaki R, et al. Aspetar clinical practice guideline on rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. Br J Sports Med. 2023;57:500-514.
19. Ardern CL, et al. 2018 International Olympic Committee consensus statement on prevention, diagnosis and management of paediatric anterior cruciate ligament (ACL) injuries. Br J Sports Med. 2018;52:422-438.
20. Sturgill LP, et al. Interrater reliability of a clinical scale to assess knee joint effusion. J Orthop Sports Phys Ther. 2009;39:845-849.
21. Daniel DM, et al. Instrumented measurement of anterior knee laxity in patients with acute anterior cruciate ligament disruption. Am J Sports Med. 1985;13:401-407.
22. Noyes FR, et al. Abnormal lower limb symmetry determined by function hop tests after anterior cruciate ligament rupture. Am J Sports Med. 1991;19:513-518.
23. Paterno MV, et al. Biomechanical measures during landing and postural stability predict second anterior cruciate ligament injury after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport. Am J Sports Med. 2010;38:1968-1978.
24. Webster KE, et al. Development and preliminary validation of a scale to measure the psychological impact of returning to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery. Phys Ther Sport. 2008;9:9-15.
25. Manojlovic M, et al. Return-to-sport outcomes and psychological readiness to return to sport after revision compared to the primary anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis. Sports Med Open. 2026;12:47.
26. Webster KE, et al. Second ACL injury rates in younger athletes who were advised to delay return to sport until 12 months after ACL reconstruction. Orthop J Sports Med. 2021;9:2325967120985636.

박영욱

학력

중앙대학교 의과대학 의학과 학사

중앙대학교 의학대학원 정형외과학 석사

중앙대학교 의학대학원 정형외과학 박사

주요 경력

FIFA U-20 월드컵, 수원지역 의료담당관 (VMO, Venue Medical Officer)

Deaflympic 대한민국 대표팀 주치의

대한프로농구협회 외국인 선수 선발 자문의

경기도문화의전당 무용단 주치의

현재 소속 및 직위

아주의대 정형외과학교실 교수

아주대병원 스포츠의학센터 센터장

대표논문

1. Analgesic effectiveness of continuous versus single-injection adductor canal block in addition to continuous popliteal sciatic nerve block for bimalleolar and trimalleolar ankle fracture surgery: Prospective randomized controlled trial, YU Park, HB Joe, JW Lee, YW Seo Journal of Orthopaedic Science 30 (1), 159-163 , 2025
2. AURA: Arthroscopic Ultrasound-Assisted All-Inside Repair of Lateral Ankle Ligament Y Park, YW Seo, Arthroscopy Techniques, 103300, 2024
3. Long-term results after modified brostrom procedure without calcaneo-fibular ligament reconstruction KT Lee, YU Park, JS Kim, JB Kim, KC Kim, SK Kang Foot & ankle international 32 (2), 153-157 176 2011

Rehabilitation following Arthroscopic vs Open Modified Brostrom Operation (Ankle)

아주대병원

박영욱

관절경적 변형 Broström 술식(arthroscopic MBO)과 개방적 술식(open MBO)의 최종 임상 결과(1-2년)는 동등하다. 차이는 수술 후 6주-6개월의 회복 속도에 있다.

개방 술식은 관절낭을 포함한 인대를 절개해 비골에서 완전히 분리한 뒤 재부착하지만, 관절경 술식은 관절낭 절개 없이 늘어난 인대를 당겨 부착부에 고정한다. 따라서 관절경 술식은 연부조직 치유가 더 빠를 것으로 예상되며, 통증·부종·창상에 의한 제한도 적어 더 빨리 다음 단계로 넘어갈 수 있다.

동일한 재활 프로토콜을 적용한 RCT에서도 관절경군의 preinjury sport 복귀가 약 5주 빨랐다(13.2 vs 18.7주). 즉시 체중부하·조기 ROM은 관절경적 봉합 후 안전하다는 근거가 쌓이고 있다.

본원 자료(n=65)에서 AURA(관절경·초음파 보조) 군은 6주–3개월 WB lunge와 heel height가 유의하게 좋았고, 6개월 이후에는 두 군이 같아졌다. 두 군 모두 WB lunge(체중부하 배굴)가 가장 늦게 회복되어(1년 약 82%) 재활의 주요 목표가 된다.

재활은 시간 기반 + 기준 기반(criteria-based)으로 진행하되, 관절경 환자는 기준을 충족하면 앞당기고, 전신 관절 이완·고BMI·인대 질 불량·동반 시술이 있으면 술식과 관계없이 늦춘다.



초청세션 2: 공정한 스포츠를 위한 과학
- 도핑 검사 기술과 규정의 최신 지견
Invited Session 2: Joint Symposium with KADA · DCC

좌장: 서남병원 이석현, 하나로의료재단 양윤준

이재익

학력

연세대학교 생명공학과 학사

연세대학교 공과대학원 생명공학과 석사

연세대학교 공과대학원 생명공학과 박사

주요 경력

도핑콘트롤센터 KOLAS (ISO17025) 기술책임자

한국여자프로골프협회(KLPGA) 의무분과 위원

한국질량분석학회 부회장

Mass Spectrometry Letters 부편집장

현재 소속 및 직위

한국과학기술연구원, 도핑콘트롤센터, 책임연구원

대표논문

1. Lee, S., Lee, K.M., Han, S.M., Lee, H.J., Sung, C., Min, H., Im, H., Han, S.B., Cha, S., Lee, J.* Comprehensive LC-MS/MS Method Combined with Tandem Hybrid Hydrolysis for Multiple Exposure Assessment of Multiclass Environmental pollutants. Environmental Research 2022; 211: 113053
2. Cha, E., Jeong, E.S., Han, S.B., Cha, S., Son, J., Kim, S., Oh, H.B., Lee J.* Ionization of Gas-Phase Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Electrospray Ionization Coupled with Gas Chromatography. Analytical Chemistry 2018; 90: 4203-4211
3. Jeong, E.S., Cha, E., Cha, S., Kim, S., Oh, H.B., Kwon, O.S., Lee J.* Online Simultaneous Hydrogen/Deuterium Exchange of Multitarget Gas-Phase Molecules by Electrospray Ionization Mass Spectrometry Coupled with Gas Chromatography. Analytical Chemistry 2017; 89: 12284-12292

건조혈반(DBS) 내 금지약물 검출 / Analysis of Prohibited Substances in DBS

KIST 도핑콘트롤센터
이재익

Dried blood spot (DBS) is a minimally invasive sample matrix with advantages in transportation, storage and suppression of enzymatic activity by the drying process. Recently, World Anti-Doping Agency (WADA) has published a technical document (TDDBS) to standardize the analytical testing and storage of DBS samples. This TDDBS includes the Minimum Harmonized Testing Menu, which classifies prohibited substances into three menus: Multi Class Menu, Steroid Esters Menu and Small Peptides Menu. In particular, the Multi Class menu includes a wide range of substance classes, such as Anabolic Androgenic Steroids (AAS), Hypoxia-inducible factor (HIF) activating agents, 2-Agonists, Aromatase Inhibitors, Anti-Estrogenic Substances, Metabolic Modulators and Diuretics and Masking Agents. These substances belong to different drug classes and exhibit diverse physicochemical properties, making concurrent analysis within a single analytical method technically challenging. Furthermore, The limited sample volume in DBS samples and the low minimum required performance levels (MRPL) established by the World Anti-Doping Agency (WADA) require a highly sensitive analytical method.

In this study, we developed an LC-ESI-MS/MS based analytical method for the concurrent analysis of doping prohibited substances from the Multi Class menu in cellulose-type DBS. Various extraction solvents, matrix clean-up and mobile phase compositions were investigated and optimized to enable simultaneous extraction and highly sensitive detection from DBS samples. The developed method satisfied the Minimum Required Performance Levels (MRPL) specified in WADA TD2026. Furthermore, the method was successfully applied to the analysis of WADA EQAS DBS samples.

This study was supported by an intramural grant from Korea Institute of Science and Technology (No. 26V0061).

민호필

학력

2004년~2008년	가천의과학대학교 생명과학과 학사
2008년~2015년	서울대학교 의과대학 의과학과 박사

주요 경력

2016년	리우데자네이루 올림픽·패럴림픽 도핑 분야 국제 전문가
2018년	평창 동계올림픽·패럴림픽 도핑 분석 바이오 질량분석 팀장
2022년	베이징 동계올림픽·패럴림픽 도핑 분야 국제 전문가
2025년~2026년	미국 워싱턴대학교 세인트루이스(Washington University in St. Louis) 방문연구원

현재 소속 및 직위

한국과학기술연구원(KIST) 도핑콘트롤센터 선임연구원

과학기술연합대학원대학교(UST) KIST School 부교수

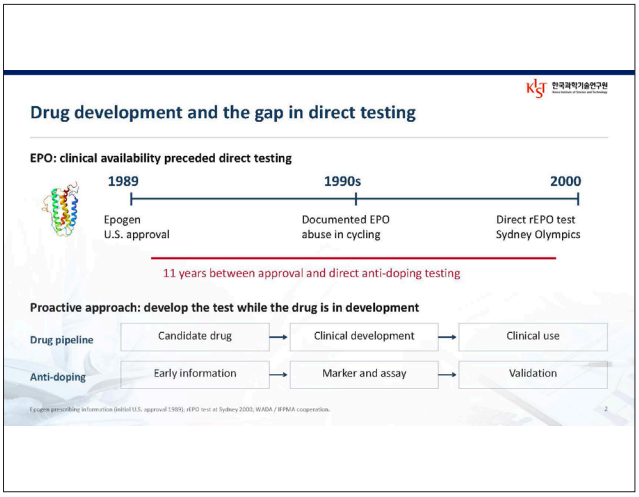
대표논문

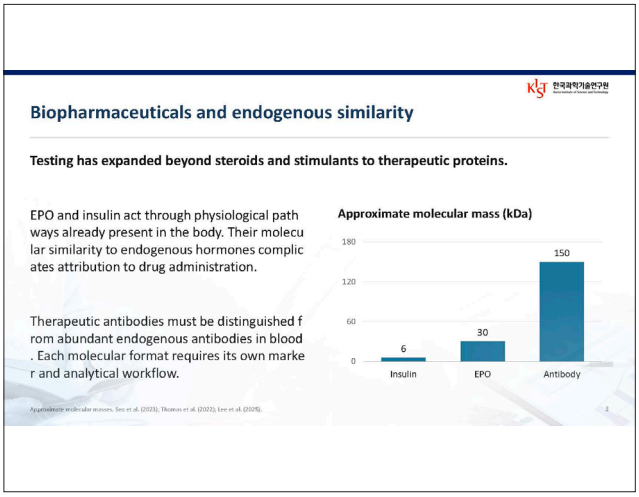
1. Jiin Hwang, Yoondam Seo, Hyeon-Jeong Lee, Muhyun Lee, Joohee Cho, Hwa Jeong Lee, Hyunbeom Lee, Hophil Min*, Associations between serum per- and polyfluoroalkyl substances and serum metabolomic profiles in elite athletes: a cross-sectional multi-sport study, Environment International, 2026.7,
2. Hyeon-Jeong Lee, Jiin Hwang, Yoondam Seo, Gahyeon Lee, Hwa Jeong Lee, Hophil Min*, Simultaneous detection of myostatin-targeting monoclonal antibodies in dried blood spots and plasma using liquid chromatography-tandem mass spectrometry with field asymmetric ion mobility spectrometry, Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 2025.1
3. Inseon Kang, Yoondam Seo, Kangmi Lee, Hyeon-Jeong Lee, Junghyun Son, Hwa Jeong Lee, Min-Kyu Oh, Hophil Min*, Development of an Ephedrine In-House Matrix Reference Material and Its Application to Doping Analysis, ACS Omega, 2024.03, https://doi.org/10.1021/acsomega.3c08316

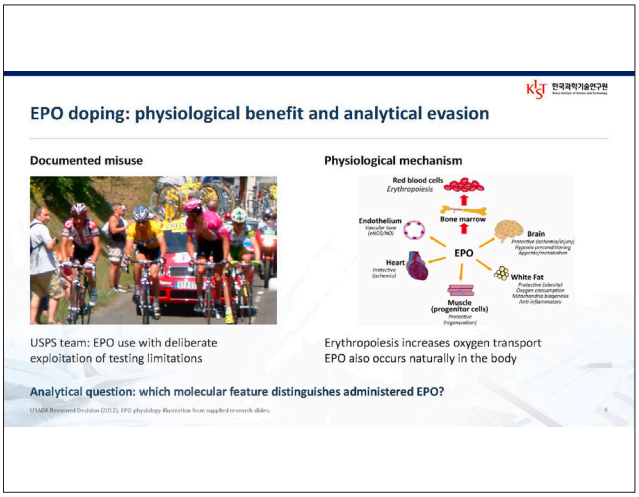
질량분석법 기반 고분자 약물 분석 신기술

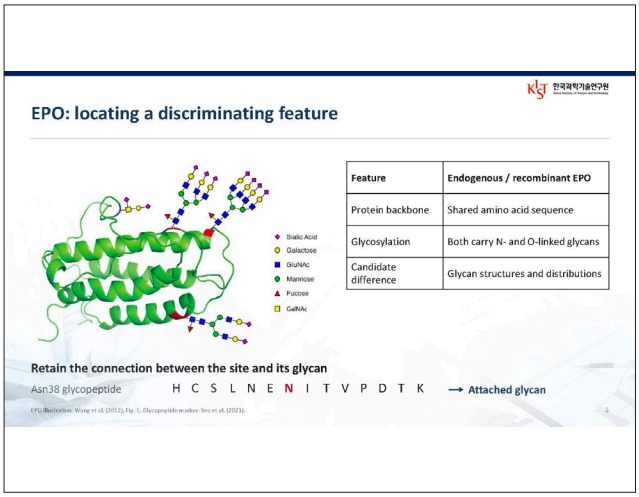
KIST 도핑콘트롤센터

민호필





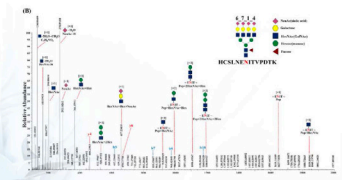




EPO: marker profiling and structural evidence

rEPO reference → Glu-C / trypsin → TiO_2 enrichment → LC–HRMS / MS/MS

Sequence and glycan fragments in the same spectrum



Marker choice

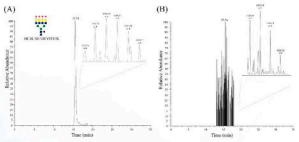
HCSLNENITVPDTK with four terminal sialic acid residues

Peptide fragments: EPO sequence

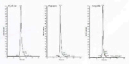
Glycan fragments: glycan composition

EPO: urinary evidence and the remaining sensitivity limit

Target glycopeptide and negative control urine



Coverage across three additional products



Study findings

Estimated LOD <500 pg/mL

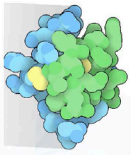
A defined marker
Three other rEPO products

What remains

The reported LOD exceeded the WADA MRPL.

Further optimization is needed for routine anti-doping use.

Insulin: equal mass can conceal a sequence difference



A chain: 21 residues
B chain: 30 residues
Three disulfide bonds

B-chain residues 23–30

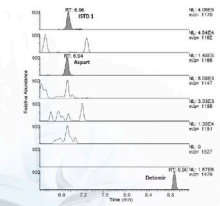
Human insulin	G	F	F	Y	T	**P**	**K**	T
Lispro	G	F	F	Y	T	**K**	**P**	T

Molecule	Intact mass (Da)	Target ion m/z	RT (min)
Human insulin	5803.6	1162 (5+)	6.9
Lispro	5803.6	1162 (5+)	6.9
Aspart	5821.6	1166 (5+)	6.9

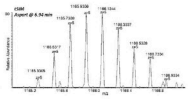
Same intact mass → Lispro identification: diagnostic fragment m/z 217

Insulin analogues: evidence in a post-administration sample

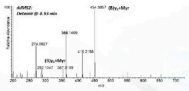
Chromatographic signals



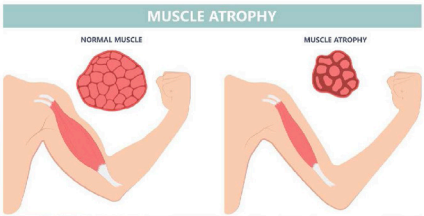
Aspart: intact-ion isotope pattern



Detemir: diagnostic fragments



Myostatin-pathway antibodies: target and marker selection

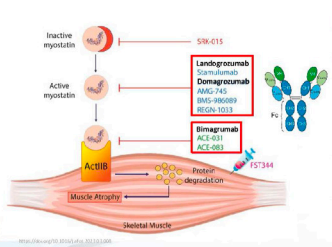


TGF-β superfamily

- Myostatin
- GDF-11
- Activin A

→ Key negative regulators of skeletal muscle growth

Myostatin-pathway antibodies: target and marker selection



S4 HORMONE AND METABOLIC MODULATORS
(continued)

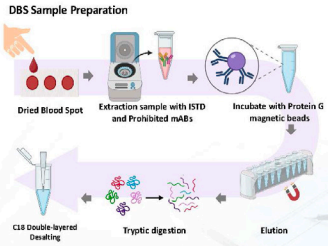
S4.2: AGENTS PREVENTING ACTIVIN RECEPTOR RE-ACTIVATION

Anti-TGF-β superfamily mABs	Anti-ActRIIB mAB
Landogrozumab	Bimagrumab
Domagrozumab	

DBS: small-volume sampling with antibody detection

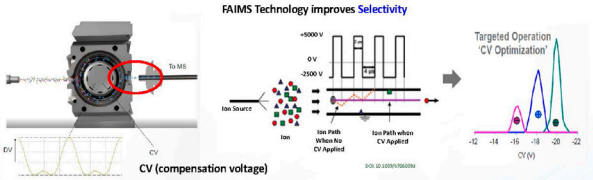


Small-volume sampling can simplify collection and transport. Urine and conventional blood s amples remain important.

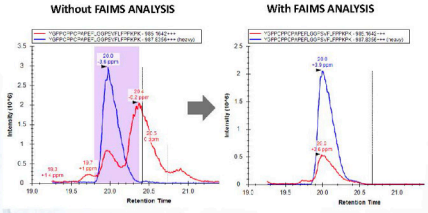


Myostatin-pathway antibodies: target and marker selection

FAIMS (High Field Asymmetric Ion Mobility Spectrometry)



Antibodies: controlling blood interference



Additional ion separation improves assignment of the target peak.

Summary and perspectives

Therapeutic proteins act through the same physiological pathways as endogenous molecules. A nti-doping analysis therefore needs molecular evidence that identifies the administered drug.

EPO glycosylation, insulin sequence differences and antibody-specific peptides provide different routes to identification. Their practical value depends on sensitivity, control of interference and validation in relevant biological samples.

Future work should connect these markers to post-administration samples and field collectio n, including DBS. Earlier access to drug-development information can help laboratories prepar e detection methods before misuse creates a testing gap.

권지은

학력

서울대학교 의과대학 의학과 학사

서울대학교 의과대학 임상의과학과 석사

서울대학교 의과대학 정형외과학 박사

주요 경력

대한스포츠의학회 SAT 인증관리위원회 위원

대한스포츠의학회 여성스포츠위원회 위원

한국도핑방지위원회 (KADA) 치료목적사용면책 (TUE) 위원

대한견주관절 국제위원회 위원

대한노년근골격의학회 학술위원회 위원

현재 소속 및 직위

이화여자대학교 의과대학 부속 의료원 목동병원 임상부교수

대표논문

1.Kwon J, Kim SH, Lee YH, Kim TI, Oh JH. The Rotator Cuff Healing Index: A New Scoring System to Predict Rotator Cuff Healing After Surgical Repair. Am J Sports Med. 2019 Jan;47(1):173-180.

2. Kwon J, Lee YH, Kim SH, Ko JH, Park BK, Oh JH. Delamination Does Not Affect Outcomes After Arthroscopic Rotator Cuff Repair as Compared With Nondelaminated Rotator Cuff Tears: A Study of 1043 Consecutive Cases. Am J Sports Med. 2019 Mar;47(3):674-681.

3. Oh JH, Lee YH, Lee TH, Jang SI, Kwon J. The Natural History of High-Grade Partial Thickness Rotator Cuff Tears: The Conversion Rate to Full Thickness Tears and Affecting Factors. Clin Orthop Surg. 2020 Dec;12(4):514-520.

2027 치료목적사용면책(TUE) 국제표준 주요 개정사항 및 TUE 사례

이대목동병원

권지은

목차

1. 치료목적사용면책(TUE) 개요
2. 2027 ISTUE 주요 개정사항
3. TUE 현황
4. TUE 사례

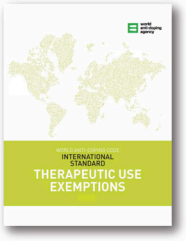
PART 01

치료목적사용면책(TUE) 개요

치료목적사용면책(TUE) 개요

Therapeutic Use Exemptions(TUE)

- 선수가 금지약물 또는 금지방법의 사용이 필요한 의학적 상태에 있고 「치료목적사용면책 국제표준」 및 「한국도핑방지규정」 제4장의 규정에 따른 조건을 충족하는 경우에 치료목적으로 금지약물 또는 금지방법의 사용을 허가하는 것



치료목적사용면책(TUE) 개요

- 선수의 치료받을 권리를 보호하기 위한 제도로, 선수는 희망할 경우, 언제든지 치료목적사용면책을 신청 할 수 있음
- 치료목적사용면책을 승인 받은 선수는 승인내역대로 금지약물/방법을 사용하면서
  경기에 참여할 수 있음



치료목적사용면책(TUE) 승인 기준

한국도핑방지위원회 KOREA ANTI-DOPING AGENCY

2027 ISTUE 4.2 TUE 승인기준

* 다음 기준을 모두 충족시켜야 승인 가능

a. 선수에게 관련 임상 증거에 의해 뒷받침되는 진단된 의학적 상태가 있는 경우
b. 해당 금지약물 또는 금지방법이 그 의학적 상태에 적용증이 있는 치료법이고, 합리적으로 허용되는 대체치료가 없는 경우
c. 금지약물 또는 금지방법의 치료목적사용이 정상적인 건강상태로 회복되는 것 이상의 추가적인 경기력 향상을 일으키지 않는 경우
d. TUE를 신청한 사유가 기존의 TUE 승인 없이 사용한 금지약물 또는 금지방법에 의한 것이 아닌 경우

2027 개정 포인트
- '대체치료 부재' 요건이 4.2(c) → 4.2(b)로, '추가적 경기력 향상' 요건이 4.2(b) → 4.2(c)로 재배치
- 4.2(b)에 금지약물·방법이 해당 의학적 상태의 적응증이 있는 치료법일 것이 명시됨

치료목적사용면책(TUE) 신청

한국도핑방지위원회 KOREA ANTI-DOPING AGENCY

<사전 신청> * 필수신청 대상

① 국제경기연맹(IF)이 지정한 국제수준 선수
② 국가수준 선수

- 한국도핑방지위원회 **검사대상명부(KADA RTP)**에 포함된 선수
- 한국도핑방지위원회 **검사대상후보명부(KADA TP)**에 포함된 선수
- **동·하계 올림픽(IOC)**/패럴림픽(IPC)과 **아시아경기대회(OCA)**/장애인아시아경기대회(APC)에 파견하기 위해 **선발·확정한 국가대표 선수**
- 동·하계 올림픽(IOC)/패럴림픽(IPC)과 아시아경기대회(OCA)/장애인아시아경기대회(APC) **참가를 위한 국내·외 선발전에 참가하는 선수**
- **세계선수권대회** 또는 이에 준하는 **국제경기대회 출전 국가대표 선수**

※ 국가수준 선수 분류 기준은 변경될 수 있으며, 적용 시 해당 연도 규정을 확인 필요

치료목적사용면책(TUE) 신청

한국도핑방지위원회 KOREA ANTI-DOPING AGENCY

<사후 신청> 2027 ISTUE 4.3

*** 다음 기준 중 하나를 만족하는 경우 사후 TUE 신청 가능**

① 응급 치료 또는 급성 의료조치가 필요했던 경우
② 기타 예외적인 상황으로 인해 신청서를 제출할 시간 또는 기회가 충분하지 않았던 경우
③ 도핑방지기구가 국제수준 또는 국가수준 선수에 해당하지 않는 선수의 시료채취를 결정하는 경우
④ 경기기간 중 금지약물을 치료목적으로 경기기간 외 기간동안 사용한 경우

유의사항
- 사후 신청 가능 대상: 위 조건 중 어느 하나에 해당하는 경우 (사전 신청 대상자도 포함)
- 사후 신청 ≠ 자동 승인 → ISTUE 4.2 승인기준을 모두 충족해야 승인

치료목적사용면책(TUE) 신청 전 확인사항

한국도핑방지위원회 KOREA ANTI-DOPING AGENCY

1 성분·방법 확인
- 금지목록 해당 여부 확인
- 상시금지: 경기기간 중·외 모두 금지

2 선수 수준 확인
- 국가수준: NADO가 국가수준으로 분류
- 국제수준: IF가 국제수준으로 분류

3 기존 TUE 여부 확인
- TUE 없음 → 선수 수준별 관할 기관(NADO·IF·MEO)에 신청
- TUE 보유 → 인정 절차

4 사용시점 확인
- 상시금지 성분·방법 → 사유 발생 즉시 신청
- 경기기간 중 금지 성분·방법 → 경기 일정 및 배출기간 고려

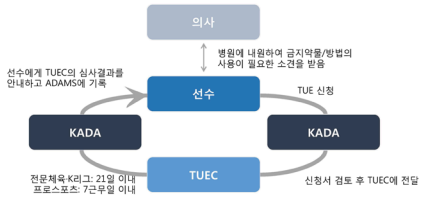
5 경기기간 중이란?
- 전문체육-K리그: 경기 전일 오후 11:59 ~ 해당 경기 및 시료채취 절차 종료
- 프로스포츠: 공식경기 시작일 전날 오후 11:59 ~ 마지막 경기 종료일

6 신청·인정 절차
- 신청서·진단서(소견서)·의무기록지·검사결과 등 제출
- 불완전한 신청서는 반려 (추가자료 요청 가능)

치료목적사용면책(TUE) 심사 절차

한국도핑방지위원회 KOREA ANTI-DOPING AGENCY

TUE 심사 절차



치료목적사용면책(TUE) 제출처

한국도핑방지위원회 KOREA ANTI-DOPING AGENCY

TUE 제출처

- **각 대회별로 TUE 관할권이 다르기 때문에, 선수는 본인이 어느 경우에 해당하는지 확인하고 제출해야 함**
- **국제대회 참가 시, IF(국제경기연맹) 또는 MEO(주요경기단체) 규정 확인 필요**

TUE 제출처	예시
한국도핑방지위원회 (KADA)	국내수준 경기 참여 선수 전국(동계)체육대회, 전국장애인(동계)체육대회, 전국소년체육대회 및 국내 종목별대회 등
	국내 프로리그 및 시즌 참여 선수
국제경기연맹 (IF)	국제경기연맹 주관대회 참여 선수 세계선수권대회 등
	국제경기연맹 검사대상명부 포함 선수
주요경기단체 (MEO)	주요경기대회 주관 대회 참여 선수 올림픽, 패럴림픽, 아시안게임, 장애인 아시안게임 등

PART 02

2027 ISTUE 주요 개정사항

2027 ISTUE 개정 개요

ISTUE 개정 방향

ISTUE 4.0 — TUE 승인 기준·사후 TUE 개선
- TUE 승인 기준 재구성
- 소급 기준별 심사 주체 명확화

ISTUE 5.0 — ADO의 책임 명확화
- TUE 관련 정보 공개 및 TUEC 구성·운영 기준 명시
- TUE 처리기한 및 결정 통지 절차 명시

ISTUE 6.0 — 선수의 책임 및 TUE 절차 개선
- 선수 수준별 신청 기관 및 신청 절차 명확화
- 치료 내용 변경·갱신 등 TUE 신청·관리 절차 정비

ISTUE 7.0 — TUE 인정 절차 개편
- NADO·IF·MEO 간 자동 인정 원칙 및 예외 절차 규정

2027 ISTUE – TUE 승인기준 재구성 및 개선

TUE 인정기준 구조 개편
- TUE 승인 기준 재구성
- 사전 승인 원칙 강화
- 사후 TUE 기준 재배치 (ISTUE 4.1 → 4.3)
- 예외 승인 조항 재배치 (ISTUE 4.3 → 4.4)

ISTUE 4.2–4.4

소급기준별 심사 주체 명확화

조항	평가 주체	전문가 협의
4.2	TUEC	-
4.3(a)	ADO	TUEC 협의 필수
4.3(b)–(e)	ADO	필요 시 전문가 협의
4.4	ADO	전문가 협의 필수

ISTUE 4.5

승인기준(ISTUE 4.2) 순서 변경 2023 ISTUE → 2027 ISTUE

진단된 의학적 상태	적응증·합리적 대체치료 부재	추가적 경기력 향상 없음	기존 무승인 사용 결과 아님
4.2(a) → **4.2(a)**	4.2(c) → **4.2(b)**	4.2(b) → **4.2(c)**	4.2(d) → **4.2(d)**

2027 ISTUE – ADO의 책임

웹사이트 게시 공시 의무 확대
- TUE 신청 절차, 신청서, NADO의 국가수준 정의 등 안내사항 명시 의무화

ISTUE 5.2

TUEC 구성·운영 기준 명확화
- TUEC의 구성 및 운영 기준을 보다 명확히 규정

ISTUE 5.3

TUE 기간 및 유효성
- 승인기간 만료 시 자동 종료
- 승인기간은 10년을 초과할 수 없음

ISTUE 5.6

결정기한
- 완전한 신청서 또는 기존 TUE 인정 요청 접수 후 21일 이내 결정

ISTUE 5.4

TUE 발효일
- 사전 TUE: TUE 판정일 기준 발효
- 사후 TUE: 과거 기간 한정 적용
- (미래 연장 불가)

ISTUE 5.5

TUE 결정에 대한 항소
- TUE 결정에 대한 항소 경로 규정

ISTUE 5.12

2027 ISTUE – TUE 효력 및 유효기간

사전·사후 TUE의 효력 시점과 유효기간

사전 TUE	사후 TUE	유효기간
• 금지성분·방법 사용 또는 소지 전에 신청	• 이미 사용·보유한 과거 기간에 소급 적용	• 승인기간은 치료기간을 반영하여 결정
• 원칙적으로 TUEC 승인 결정일부터 효력	• 미래 치료에는 계속 적용되지 않음 (미래 연장 불가)	• 승인기간은 최대 10년을 초과할 수 없음
• 계속 치료가 필요하면 만료 전 갱신 확인	• 사후 신청 ≠ 자동 승인	• 승인기간 만료 시 자동 종료
ISTUE 5.5	ISTUE 5.5	ISTUE 5.6

2027 ISTUE – 선수의 책임 및 TUE 절차

TUE 신청기관
- 선수 수준·상황에 따라 NADO·IF·MEO에 신청
- 기존 TUE가 있으면 신규 신청 대신 인정 절차 적용

ISTUE 6.1–6.4

치료내용 변경
- 승인된 TUE의 용량·빈도·경로·치료기간 변경 시
- 관할 ADO에 통보 → 새로운 TUE 신청 여부는 ADO가 결정

ISTUE 6.10

TUE 취소·철회
- 유효기간 전이라도 요구사항 미준수 또는 기준 미충족 시
- TUEC에 의해 취소

ISTUE 6.12

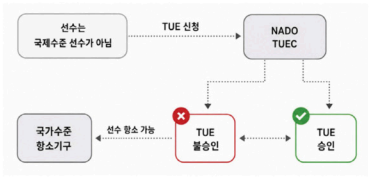
복수 TUE
- 서로 다른 의학적 상태에는 복수 TUE 보유 가능
- 단, 동일 의학적 상태의 동일 금지성분·방법은 동시 보유 불가

ISTUE 6.13

2027 ISTUE – 선수 수준별 TUE 절차

한국도핑방지위원회 KOREA ANTI-DOPING AGENCY

① 국제수준 선수가 아닌 경우



절차 요약

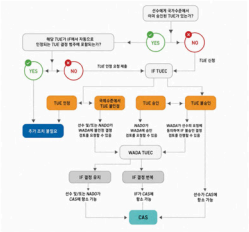
- NADO TUEC에 TUE 신청
- 승인·불승인 결정
- 불승인 시 국가수준 항소기구에 항소 가능

출처: WADA, International Standard for Therapeutic Use Exemptions (ISTUE), 2027

2027 ISTUE – 선수 수준별 TUE 절차

한국도핑방지위원회 KOREA ANTI-DOPING AGENCY

② 국제수준 선수인 경우



절차 요약

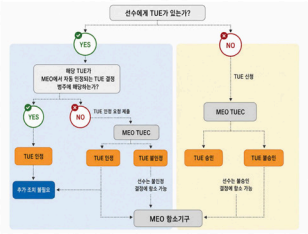
- 국가수준 TUE 보유 시 IF 자동 인정 범주 해당 여부 확인
- 해당 → 추가 조치 불필요
- 미해당 → IF TUEC에 인정 요청 제출
- 기존 TUE 없음 → IF TUEC에 신청
- IF 결정은 WADA TUEC 검토 및 CAS 항소 가능

출처: WADA, International Standard for Therapeutic Use Exemptions (ISTUE), 2027

2027 ISTUE – 선수 수준별 TUE 절차

한국도핑방지위원회 KOREA ANTI-DOPING AGENCY

③ 주요경기단체(MEO)의 자체 TUE 요건이 있는 대회 참가



절차 요약

- TUE 보유 시 MEO 자동 인정 범주 해당 여부 확인
- 해당 → 추가 조치 불필요
- 미해당 → MEO TUEC에 인정 요청 제출
- TUE 없음 → MEO TUEC에 신청
- 불인정·불승인 시 MEO 항소기구에 항소 가능

출처: WADA, International Standard for Therapeutic Use Exemptions (ISTUE), 2027

2027 ISTUE – TUE 인정 절차 개편

한국도핑방지위원회 KOREA ANTI-DOPING AGENCY

NADO 승인 TUE의 국가수준 유효성

국가수준에서는 다른 NADO의 별도 공식 인정 절차 불필요

자국 NADO TUE 승인	국가수준에서 그대로 유효	주의
• 전 세계 국가수준에서 유효	• 다른 NADO에 별도 신청 불필요	• 국제수준 선수·국제대회는 별도 확인

자동 인정의 원칙 및 예외

WADA가 별도로 예외를 허용하지 않는 한, 승인·보고된 TUE는 IF/MEO에서 자동 인정

TUE 결정 → ADAMS 보고 → IF/MEO 자동 인정

원칙

- 자동 인정 대상 TUE는 추가 조치 불필요

예외

- WADA가 자동 인정 예외를 허용한 IF/MEO → TUE에 대해 별도 제출·평가 요구 가능

PART 03

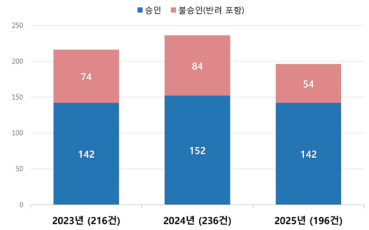
한국도핑방지위원회 KOREA ANTI-DOPING AGENCY

치료목적사용면책(TUE) 현황

치료목적사용면책(TUE) 현황

한국도핑방지위원회 KOREA ANTI-DOPING AGENCY

- 3개년 TUE 심사 현황(2023~2025)



* 불승인 건수는 반려 건수를 포함한 수치임

총 심사 건수
648건
2023~2025 전문체육·프로스포츠

승인
436건
승인률 67.3%

불승인(반려 포함)
212건
반려 16건 포함

치료목적사용면책(TUE) 현황 – 금지목록 분류별

금지목록 분류별	승인	불승인	반려	합계
S0. 비승인약물	0	0	0	0
S1. 동화작용제	7	1	0	8
S2. 성장인자, 관련약물 등	25	8	0	33
S3. 베타-2 작용제	1	3	0	4
S4. 호르몬 및 대사변조제	**48**	**2**	**0**	**50**
S5. 이뇨제 및 은폐제	**38**	**11**	**0**	**49**
S6. 흥분제	**61**	**11**	**2**	**74**
S7. 마약	**49**	**13**	**0**	**62**
S8. 카나비노이드	0	0	0	0
S9. 글루코코르티코이드	**201**	**136**	**14**	**351**
P1. 베타차단제	6	11	0	17
합계	436	196	16	648

- 금지목록 분류별 심사결과(2023~2025)

① S9. 글루코코르티코이드 351건 (54%)
② S6. 흥분제 74건 (11%)
③ S7. 마약 62건 (10%)
④ S4. 호르몬 및 대사변조제 50건 (8%)
⑤ S5. 이뇨제 및 은폐제 49건 (8%)

* 3개년 금지방법(M1~M3), S0, S8 신청 0건

치료목적사용면책(TUE) 현황 – 다빈도 신청 약물

다빈도 신청 약물 및 참고사항(2023~2025)

구분	주요 신청 약물	참고사항
S9 글루코코르티코이드 54% (351건)	Triamcinolone Dexamethasone Methylprednisolone Prednisolone	• 2022년부터 경기기간 중 모든 경로의 주사 투여 금지 • 글루코코르티코이드 배출기간 확인 필요 • 프로스포츠 TUE 다빈도 신청 약물
S6 흥분제 11% (74건)	Methylphenidate Methylphenidate Hydrochloride	• Methylphenidate 성분 TUE 신청 비율 지속 증가
S7 마약 10% (62건)	Tramadol	• 2024년부터 Tramadol이 경기기간 중 금지약물로 추가 • S7 신청 2023년 12건 → 2024년 29건으로 증가 • Tramadol 배출기간 확인 필요

* 비율은 2023~2025년 전체 신청 648건 대비 · 배출기간은 별도 안내자료 참고

PART 04

치료목적사용면책(TUE) 사례

치료목적사용면책(TUE) 사례 ①

▪ TUE 사례 – 피부 질환(원형탈모)

- 24세 육상 선수
- 진단명: 상세불명의 원형탈모증
- 제출자료: TUE 신청서, 진단서, 외래기록지, 병변 부위 사진자료
  ↳ 미녹시딜 용액 및 국소 스테로이드제(연고) 약 두달 이상 사용하였으나 호전 X
-

사용약물	1회 투여량	사용/투여방법	사용/투여빈도	사용예정기간
Triamcinolone	5mg	IL inj.	1time/2weeks	3months



→ **TUE 승인**

* 이는 참고용 예시로, 질병 상태에 따라 판정결과의 차이가 있을 수 있습니다.

치료목적사용면책(TUE) 사례 ②

▪ TUE 사례 – 근골격계 질환

- 27세 역도 선수
- 진단명: 어깨충돌증후군
- 제출자료: TUE 신청서, 진단서, 외래기록지, 영상자료
  ↳ 진통소염제 일주일 복용
- TUE 신청 약물

사용약물	1회 투여량	사용/투여방법	사용/투여빈도	사용예정기간
Triamcinolone	40mg	IA inj.	1time	1day



→ **TUE 불승인**

* 이는 참고용 예시로, 질병 상태에 따라 판정결과의 차이가 있을 수 있습니다.

치료목적사용면책(TUE) 사례 ②

<불승인 사유>

- 의무기록에 따르면,
  '진통소염제 일주일 복용' 이 확인됨
- TUE 승인기준 중 **4.2(b)** 미충족 (기존 4.2(c))

* 4.2(b) 금지약물·방법이 적응증이 있는 치료법이고, 합리적으로 허용되는 대체치료가 없는 경우에만 승인 가능

근골격계 질환에서의 대체치료 예시

글루코코르티코이드 국소주사와 대체 치료	
대체 치료 예시	· PRICE(보호-휴식-냉치료-압박-거상) · 근육이완제 등 · 체외충격파 치료 · NSAIDs(비스테로이드성 진통소염제) · 물리치료(온열 치료, 견인 치료 등) · 보조기 착용 또는 재활치료 운동 등
안내 사항	금지약물·방법 사용을 고려하기 전, 적절한 **대체 치료를 충분한 기간 동안** 받아야 함 ✓ 환상 모든 대체 치료를 시도해야 하는 것은 아니지만 선수 주치의는 의학적 타당성을 고려하여 본인의 처방에 대한 이유를 상세히 설명해야 함 ✓ 타 의료기관에서 대체 치료를 받은 경우 해당 기관에서 받은 실제 진료기록을 제출 필요 ✓ 필요 기간 대체 치료 및 번 시행이 아닌 **대체 치료 후 증상 호전 등 경과에 따른 치료 효과를 판단하여** 필요시에만 금지약물 사용이 고려되어야 함 ✓ 통증 정도는 선수마다 주관적으로 느낄 수 밖으므로 통증이 시작된 시점부터 그 경과를 객관적으로 입증할 수 있도록 구체적인 의료기록 확보 필요

* 이는 참고용 예시로, 질병 상태에 따라 판정결과의 차이가 있을 수 있습니다.

치료목적사용면책(TUE) 사례 ③

한국도핑방지위원회 KOREA ANTI-DOPING AGENCY

- TUE 사례 – 근골격계 질환
  - 20세 유도 선수
  - 진단명: 신경뿌리병증을 동반한 요추 및 기타 추간판장애
  - 제출자료: TUE 신청서, 진단서, 외래기록지, 영상자료
  - 경기 예정일: 2026. 1. 20.(약 3개월 뒤)
  - TUE 신청 약물

사용약물	1회 투여량	사용/투여방법	사용/투여빈도	사용예정기간
Dexamethasone	5mg	Epidural	1time	1day



→ **TUE 반려**

* 이는 참고용 예시로, 질병 상태에 따라 판정결과의 차이가 있을 수 있습니다.

치료목적사용면책(TUE) 사례 ③

<반려 사유>

- 경기예정일: 2026. 1. 20. (약 3개월 뒤)
- TUE 신청 약물

사용약물	1회 투여량	사용/투여방법	사용/투여빈도	사용예정기간
Dexamethasone	5mg	경막외주사	1회	1일



글루코코르티코이드 주사 가이드라인

글루코코르티코이드의 배출기간

투여경로	약 물	배출기간
경구	Triamcinolone, Triamcinolone acetonide	10일
	기타 글루코코르티코이드	3일
근육	Betamethasone, Dexamethasone, Methylprednisolone	5일
	Prednisolone, Prednisone	10일
	Triamcinolone acetonide	60일
국소 주사	Prednisolone, Prednisone, Triamcinolone acetonide, Triamcinolone hexacetonide	10일
	기타 글루코코르티코이드	3일
직장	Triamcinolone diacetate, Triamcinolone acetonide	10일
	기타 글루코코르티코이드	3일

* 이는 참고용 예시로, 질병 상태에 따라 판정결과의 차이가 있을 수 있습니다.

치료목적사용면책(TUE) 사례 – 자주 묻는 질문

Q1. 응급 치료 과정에서 금지성분·방법을 사용했다면?

상황	1단계: 사후 TUE 신청 가능성	2단계: 승인기준 심사
• 급성 의학적 상황으로 즉각적인 치료가 필요하여, 치료 과정에서 금지성분 또는 금지방법을 사용한 경우	• 응급 치료 또는 급성 의료조치가 필요했던 경우 • 사후 TUE 신청 사유에 해당 가능	• 진단근거, 의학적 적응증, 합리적 대체치료, 추가 경기력 향상 여부 등 검토 • 사후 신청 가능 ≠ 자동 승인

응급상황은 사후 TUE 신청 가능 → 최종 승인은 TUE 기준 충족 여부에 따라 결정

※ 응급실 방문 자체가 응급상황으로 인정되지 않음

치료목적사용면책(TUE) 사례 – 자주 묻는 질문

Q2. 경기기간 외 치료 목적으로 사용한 금지성분이 경기기간 중 검출된다면?

상황	1단계: 사후 TUE 신청 가능성	2단계: 승인기준 심사
• 경기기간 외 치료목적으로 경기기간 중 금지약물을 사용 • 도핑검사에서 양성반응 통지	• 경기기간 중 금지약물을 치료목적으로 경기기간 외 기간동안 사용한 경우 • 사후 TUE 신청 사유에 해당	• 진단근거, 의학적 적응증, 합리적 대체치료, 추가 경기력 향상 여부 등 검토 • 사후 신청 가능 ≠ 자동 승인

사후 TUE 신청 가능 → 최종 승인은 TUE 기준 충족 여부에 따라 결정

※ 경기기간 중 금지약물은 경기일정과 배출기간을 고려해 사용 시점 확인 필요

감사합니다.



이승림

학력

서울대학교 의학과 학사

서울대학교 의과대학원 의학과 석사

서울대학교 의과대학원 의학과 박사

주요 경력

현 대한스포츠의학회 부회장

현 KADA TUE 위원장

전 국립경찰병원장

2026 밀라노-코르티나 동계올림픽 국가대표 주치의

2024 파리올림픽 CMO(chief medical officer)

K리그, KHA, KLPGA, KBL 의무위원

2003 타르비시오, 2007 토리노. 2009 하얼빈 동계유니버시아드 주치의

현재 소속 및 직위

대한체육회 평창동계훈련센터 국가대표 주치의사

대표논문

Jae SY, Franklin BA, Choi YH, Fernhall B. Metabolically healthy obesity and carotid intima-media thickness: effects of cardiorespiratory fitness. Mayo Clinic Proceedings. 2015 in press.

2027 금지목록 국제표준 주요 개정사항

KADA
이승림

목차

1. 금지목록 국제표준이란?
2. 2027 금지목록 국제표준 주요 변경사항

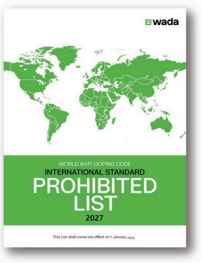
금지목록 국제표준이란?

1.금지목록 국제표준이란?

금지목록 국제표준이란?

금지목록 국제표준(Prohibited List)

- 세계도핑방지기구(WADA)가 공표하는 스포츠에서 금지된 약물이나 방법이 등재된 문서
- 매년 9월 말 발표, 그 이듬해인 1월 1일부터 효력이 발생
- 필요시 수시로 개정될 수 있으므로 주기적인 확인이 요구됨



금지목록 국제표준이란?

금지목록 국제표준(PL) 포함기준

세계도핑방지기구(WADA)는 과학, 의료, 도핑방지 분야 전문가 의견을 종합하여
어떤 성분이나 방법에 대해 다음 세가지 기준 중 두가지 이상을 충족한다고 판단하는 경우에
금지목록에 포함

① 선수의 경기력을 향상시키거나 경기력을 향상시키는 잠재력을 가지고 있는 경우

② 선수의 건강에 실제적 또는 잠재적인 위험이 되는 경우

③ 세계도핑방지규약에서 정의하는 스포츠 정신에 위배되는 경우

금지목록 국제표준이란?

한국도핑방지위원회 KOREA ANTI-DOPING AGENCY

금지목록 구성요소

- 상시금지
  - S0~S5
    - S0. 비승인약물
    - S1. 동화작용제
    - S2. 펩티드호르몬, 성장인자, 관련 약물 및 유사제
    - S3. 베타-2 작용제
    - S4. 호르몬 및 대사변조제
    - S5. 이뇨제 및 은폐제
  - M1~M3
    - M1. 혈액 및 혈액성분의 조작
    - M2. 화학적, 물리적 조작
    - M3. 유전자 및 세포도핑
- 경기기간 중 금지
  - S6~S9
    - S6. 흥분제
    - S7. 마약
    - S8. 카나비노이드
    - S9. 글루코코르티코이드
- 특정종목 금지
  - P1
    - P1. 베타차단제
- 모니터링 약물

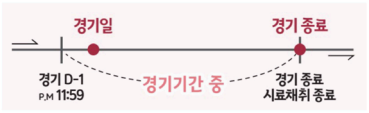
금지목록 국제표준이란?

한국도핑방지위원회 KOREA ANTI-DOPING AGENCY

경기기간 중이란?(전문체육, 프로스포츠)

- **전문체육 선수**

선수가 참가하기로 예정된 경기의 전일 오후 11:59부터 해당 경기 및 그 경기와 관련된 시료채취 절차가 끝나는 시점까지의 기간



금지목록 국제표준이란?

한국도핑방지위원회 KOREA ANTI-DOPING AGENCY

경기기간 중이란?(전문체육, 프로스포츠)

KBO WKBL KDL KLPGA KPGA KOVO

- **프로스포츠 선수**

종목별 프로스포츠 단체가 주최·주관하는 공식경기의 리그, 단일경기 또는 대회의 시작일 전날 오후 11:59부터 마지막 경기종료일까지



★ 프로스포츠의 경우, '경기기간 중' 기간에 '경기기간 외'로 보는 예외조항이 있음!

< '경기기간 외' 로 간주되는 경우 >

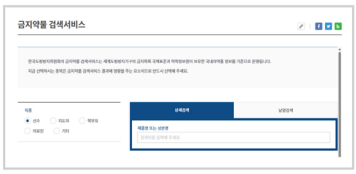
1. 부상자명단에 등록되거나 부상 질병 선수로 공시되는 기간
2. 부상자명단 등록기간, 부상 질병 선수 공시기간을 초과한 심각한 부상 또는 기타사유로 인해 공식경기 출전이 불가하거나 시즌아웃으로 공시된 기간
3. 구단이 포스트시즌에 참가하지 않는 기간
4. 공식적으로 리그가 중단된 기간
5. 올스타 기간

금지약물 검색서비스

한국도핑방지위원회 KOREA ANTI-DOPING AGENCY

WORLD ANTI-DOPING AGENCY play true + 약학정보원

- **국내의약품**에 한해 검색서비스 제공
- 건강기능식품, 보충제, 한약재 **확인 불가**
- 국외의약품은 **Global DRO**에서 확인 가능





금지약물 검색서비스 바로가기 QR 코드

금지목록이란?

한국도핑방지위원회 KOREA ANTI-DOPING AGENCY

2. 2027년도 금지목록 국제표준 주요 변경사항

2027 금지목록 국제표준 주요 변경사항

한국도핑방지위원회 KOREA ANTI-DOPING AGENCY

2027 변경사항 한눈에 보기

서문	S0 상시 금지	S4 상시 금지	S5 상시 금지
남용약물	비승인 약물	호르몬 및 대사변조제	이뇨제 및 은폐제
결과관리 시 대사체 검출 고려 명확화	펩티드를 예시로 명시	S4.2 제목 확대 및 예시 추가	eplerenone, finerenone 추가
S8 경기기간 중 금지	**S9 경기기간 중 금지**	**P1 특정종목 금지**	**모니터링**
카나비노이드	글루코코르티코이드	베타차단제	모니터링 프로그램
Δ⁹-THC 유사 효과 최신 지식 반영	질내(Vaginal) 투여 허용 경로 추가	WCBS "모든 세부종목" 문구 삭제	4개 항목 삭제

2027 금지목록 국제표준 주요 변경사항

① S0. 비승인 약물
펩티드 예시 명시

2027 금지목록 국제표준 주요 변경사항

① S0. 비승인 약물 – 펩티드 예시 명시

규제당국의 인체 사용 승인을 받지 않은 펩티드 → S0 비승인 약물 또는 S2 · S4 등 기타 계열

→ 많은 비승인 펩티드는 세계도핑방지규약상 금지목록 등재 기준을 충족함

⚠ 금지목록에 이름이 없다고 해서 허용되는 것이 아님

펩티드가 금지목록에 구체적으로 명시되어 있지 않더라도 여전히 금지될 수 있고 건강에 해로울 수 있으므로 각별한 주의가 필요

→ 명확성을 위해 **S0 항목에 펩티드를 예시로 명시**

2027 금지목록 국제표준 주요 변경사항

② S8. 카나비노이드
최신 과학적 지식 반영

2027 금지목록 국제표준 주요 변경사항

② S8. 카나비노이드

경기기간 중 금지

2026: 모든 천연 · 합성 카나비노이드 금지
All natural and synthetic cannabinoids are prohibited

2027: THC 및 Δ^9-THC의 효과를 모방하는 반합성 · 합성 카나비노이드 금지

→ 흔히 접하는 카나비노이드의 Δ^9-THC 유사 효과에 관한 최신 과학적 지식을 반영

Cannabidiol (CBD) 금지되지 않음

단,

⚠ 주의
대마 식물에서 추출한 CBD에는 THC가 함유될 수 있음

2027 금지목록 국제표준 주요 변경사항

③ S9. 글루코코르티코이드
질내 투여 경로 허용 추가

2027 금지목록 국제표준 주요 변경사항

③ S9. 글루코코르티코이드 – 허용 경로 추가

경기기간 중 금지

경기기간 중 금지 경로	허용 경로
• 주사 (모든 주사 경로) • 경구 (구강점막 포함: 볼, 잇몸, 혀밑 등) • 직장	• 흡입 • 국소: 치과근관 내, 피부, 비강, 안과, 귀, 항문 주위 *추가 질내(Vaginal) 투여

※ 금지 경로로 사용해야 하는 경우에는 치료목적사용면책(TUE) 필요

2027 금지목록 국제표준 주요 변경사항

④ 예시 및 내용 추가

2027 금지목록 국제표준 주요 변경사항

④ 예시 및 내용 추가

EXAMPLE

S4 호르몬 및 대사변조제 – S4.2 항목 제목 확대

2026	Anti-estrogenic substances [anti-estrogens and selective estrogen receptor modulators (SERMs)]
2027	Anti-estrogenic substances [anti-estrogens and selective estrogen receptor modulators (SERMs) **or degraders (SERDs)**] 항에스트로겐 물질 [항에스트로겐 및 선택적 에스트로겐 수용체 조절제(SERMs) **또는 분해제(SERDs)**]

→ 해당 계열 물질에 대한 현행 용어를 반영하여 제목 확대

- **Imlunestrant** – 경구용 SERD, S4.2 예시로 추가
- **Seladelpar** – PPAR-델타 작용제 예시로 추가
- **SLU-PP-332, SLU-PP-915** – 특히 산화 대사에 작용하는 대사변조제 예시로 추가

2027 금지목록 국제표준 주요 변경사항

⑤ 기타 예시 및 내용 추가

EXAMPLE

서문 **남용약물 (Substances of Abuse)**

2027 추가: … cocaine, diamorphine (heroin), MDMA, THC **or their metabolites, if their presence is consistent with the Use of a Substance of Abuse.**
코카인, 디아모르핀(헤로인), MDMA, THC **또는 그 대사체 (그 존재가 남용약물의 사용과 부합하는 경우)**

→ 결과관리 과정에서 관련이 있는 경우 대사체 검출을 고려해야 함을 명확히 하기 위한 문구 추가

S5 이뇨제 및 은폐제

- **Eplerenone**, **Finerenone** 예시로 추가

P1 베타차단제

- Billiards ~~(all disciplines)~~ (WCBS) → **Billiards (WCBS)**
- 다른 연맹들과의 일관성을 위해 "모든 세부종목(all disciplines)" 문구 삭제

2027 금지목록 국제표준 주요 변경사항

⑤ 모니터링 프로그램
삭제 물질

2027 금지목록 국제표준 주요 변경사항

④ 모니터링 프로그램 – 4개 항목 삭제

충분한 정보가 수집됨에 따라 다음 물질들이 모니터링 프로그램에서 삭제됨

삭제	삭제	삭제	삭제
Codeine	Dermorphin 및 그 유사체	Hydrocodone	Fentanyl · Tramadol 경기기간 외

참고 모니터링 프로그램 물질은 금지약물이 아니며, 오남용 실태 파악을 위해 모니터링하는 물질임
단, fentanyl · tramadol은 **S7 마약으로 경기기간 중 금지** → 이번 개정은 경기기간 외 모니터링만 삭제

감사합니다.





초청세션 3: 사이클 ① - 사이클리스트의 질주를 지키는 힘
Invited Session 3: Cycling ① (대한사이클연맹)

좌장: 대한체육회 이승림, 아주대병원 정준영

정창영

학력

한국체육대학교 체육학과 학사

경희대학교 대학원 체육학과 석사

한국체육대학교 대학원 체육학과 박사

주요 경력

육군본부 정보장교

스페셜올림픽코리아 기획총괄팀장

서울체육고등학교 전임지도자

한국체육대학교 초빙교원

현재 소속 및 직위

대한체육회 전임감독

대표논문

1. Jung, Chang-Young, & Cha, Jung-Hun. A Study of the Development Direction of Cycling for Life Based on the New Government's Sports Policy. Journal of Convergence Consilience.2022;5(3):102-115.
2. Jung, Chang-Young. The Effects of Selection Attributes Depending on Cycle Brand Image on Purchase Intention. The Korea Journal of Sports Science.2023;32(1):363-370.
3. Jung, Chang-Young. The Effect of Coaching Knowledge Perceived by Cyclists on Sports Confidence and Satisfaction. The Korea Journal of Sports Science.2021;30(1):669-677.

1초를 줄이기 위한 도전, 사이클 선수의 몸은 안전한가?
- 더 빠르게, 더 멀리, 그리고 더 안전하게

대한사이클연맹 후보전임감독
정창영



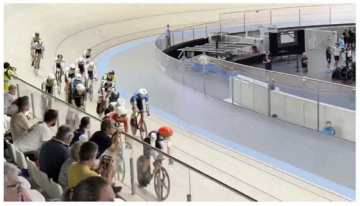






사례 1. 제외경기 예선

사례 분석 | 사고 영상



관찰 포인트

- 선수 간 간격과 주행 궤적
- 주변 선수와의 상호작용
- 사고 전후 자세·반응
- 손상 예방 및 현장 대응

사고 직전 주행 흐름과 사고 직후 상황을 함께 확인

사례 2. 옴니엄 3-1

사례 분석 | 사고 영상



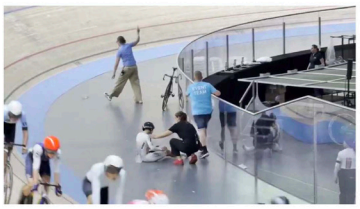
관찰 포인트

- 선수 간 간격과 주행 궤적
- 주변 선수와의 상호작용
- 사고 전후 자세·반응
- 손상 예방 및 현장 대응

선수 간 간격·주행 궤적·주변 선수와의 상호작용을 관찰

사례 3. 옴니엄 3-2

사례 분석 | 사고 영상



관찰 포인트

- 선수 간 간격과 주행 궤적
- 주변 선수와의 상호작용
- 사고 전후 자세·반응
- 손상 예방 및 현장 대응

초반 주행 상황을 확인하고 사고 전후 맥락과 비교

사고 위험은 개인·상황·환경 요인이 겹칠 때 커질 수 있음

영상에서 확인 가능한 사실과 해석·가설을 구분해 기록

개인 요인	상황 요인	환경 요인
• 피로·주의 분산 • 주행 기술·경험 • 위험 판단	• 밀집 주행 • 속도 차·추월 • 전술 변화	• 트랙 상태·이물질 • 시야·조명 • 운영·통제 절차

영상 분석 원칙

무엇이 보이는가? → 어떤 위험을 만들 수 있는가? → 어떤 장벽으로 줄일 수 있는가?

사이클 부상 예방은 종목별 위험을 구분하는 데서 시작

2025년 체계적 문헌고찰·메타분석: 경쟁 사이클 종목 44개 연구 검토

부상 부위	손상 유형	근거의 한계
• 상지 손상이 주요 급성 손상 부위로 보고됨 • 트랙 사이클에서도 상지 손상 비중이 높음	• 찰과상·열상과 골절이 흔히 보고됨 • 낙차 이후 복합 손상 가능성 고려	• 종목별 연구량과 질에 차이가 큼 • 특히 트랙·BMX는 추가 감시 연구 필요

해석 집단 통계는 위험관리의 출발점이지, 개별 선수나 특정 영상의 사고 원인을 설명하지는 않음

무엇을 예방할 것인가: 급성 손상과 과사용 손상

근거: 경쟁 사이클 종목의 부상·질병 역학 체계적 문헌고찰 및 메타분석

급성 손상	과사용 손상	감시 체계
• 낙차·충돌 • 찰과상·열상·골절 • 상지·머리·목 손상 확인	• 반복 부하와 회복 불균형 • 통증·기능 제한의 조기 보고 • 훈련 수정·평가	• 부상 유형·상황·손실일 기록 • 증상만 있는 단계도 관찰 • 종목별 데이터 축적

핵심 사고 후 치료뿐 아니라, 부상·질병·아차 사고의 반복 패턴을 데이터로 관리

사이클 뇌진탕은 '괜찮아 보인다'는 이유로 배제할 수 없음

사이클 특이적 뇌진탕 합의문과 엘리트 트랙 사이클 평가 프로토콜

의심 신호	현장 원칙	관리 원칙
• 머리 충격·의식 변화 • 혼란·기억 공백 • 두통·어지럼·시야 이상	• 주행·경기에서 제외 • 의료진 평가 요청 • 증상 지연·변동 가능성 고려	• 당일 복귀를 서두르지 않음 • 단계적 복귀·재평가 • 의료진 판단을 우선

의심 증상이 있으면 현장 의료 절차와 전문 평가를 따름

사고 예방은 '주의하라'는 지시만으로 충분하지 않음

선수 행동·코칭·시설·운영 절차를 겹겹이 설계

선수	지도자	시설·운영	의료지원
• 라인 유지 • 간격 인식 • 위험 신호 보고	• 훈련 밀도 조절 • 위험 구간 관찰 • 중지 기준 공유	• 트랙·장비 점검 • 출입·동선 통제 • 비상 접근 확보	• 응급계획 • 현장 평가 • 사후 추적

사고 예방은 개인의 책임만이 아니라, 위험을 발견하고 통제할 수 있는 시스템의 책임

훈련 부하와 회복을 함께 관리

IOC 합의문: 부하와 건강 반응을 개인별로 지속 모니터링할 것을 권고

외적 부하	내적 반응
시간·거리·강도·반복 횟수·경기 일정	RPE(자각운동강도), 피로·수면·근육통·기분·통증

1. 훈련량 급증 여부를 확인하고, 선수별 적응 차이에 맞춰 조정
2. 경기·이동·학업·심리 스트레스도 회복 계획에 반영

특정 단일 수치만으로 부상 위험을 진단하거나 예측하지 않음

출발 전 3분 안전 점검

현장 운영에 바로 적용할 수 있는 루틴

1. 자전거·헬멧·타이어·고정 상태 등 장비 확인
2. 트랙 상태·이물질·시야·조명·출입 통제 확인
3. 통증·어지럼·질병 증상·수면 부족 등 선수 상태 확인
4. 훈련 목적·주행 방향·추월 규칙·중지 신호 공유
5. 의무지원 인력·비상 연락·응급 접근 동선 확인

위험 상황 훈련은 통제된 환경에서 단계적으로

실제 충돌을 재현하지 않고, 판단·의사소통·중지 절차를 연습

기본 주행	거리·추월	코칭 조치
• 일정한 라인 유지 • 고개 돌려 확인하는 기술 • 급격한 방향 변경 최소화	• 상대 속도와 공간 예측 • 추월 공간 불충분 시 중단 • 위험 신호를 명확히 전달	• 혼잡도와 선수 수준에 맞춰 구성 • 피로가 커지면 강도·인원 조절 • 위험 발생 시 즉시 중지

목표는 위험을 실제로 경험하게 하는 것이 아니라, 위험을 인식하고 안전한 선택을 반복 연습하게 하는 것

사고 발생 시: 경기력보다 생명과 안전이 먼저

현장 시설·대회 응급계획과 의료진 지침을 우선 적용

01	중지	추가 충돌 방지
02	안전 확인	현장 위험 통제
03	응급 요청	의료진·응급서비스
04	불필요한 이동 금지	머리·목·척추 손상 의심
05	기록·보고	상황·목격·조치 기록

의식 변화·호흡 이상·심한 통증·머리 충격은 즉시 전문 평가가 필요한 신호일 수 있음

복귀는 날짜가 아니라 증상·기능·의료적 판단을 기준으로

사이클 특이적 뇌진탕 합의문: 단계적 재활과 종목별 복귀 고려

1 급성기에는 안전 확보와 의료적 평가를 우선

2 증상·기능을 확인하며 단계화

일상 활동 → 일반 운동 → 종목 특이 운동 → 통제된 주행 → 경기 복귀

3 각 단계에서 증상이 재발하거나 악화하면 진행을 멈추고 재평가

4 머리 충격이 의심되면 자가 판단으로 당일 복귀하지 않음

5 최종 복귀 결정은 개별 상태와 전문 의료진의 판단을 따름

사고 이후의 질문: 어떻게 안전하게 복귀할 것인가?

2026 트랙 세계주니어선수권대회 사고 사례 분석에서 재활·기능 회복까지

핵심 관점	사이클 선수에게 중요한 기능
• 사고 장면 분석은 위험요인을 찾는 출발점 • 재활은 통증 감소만이 아니라 관절가동범위, 근력, 균형, 협응 및 종목 특이 기능 회복을 포함 • 복귀 결정은 의료진 평가와 단계별 기능 검사를 바탕으로 개별화	• 고관절·햄스트링·발목의 가동성과 폐달링 효율 • 흉추 회전 및 어깨·목의 편안한 자세 유지 • 골반·몸통 안정성과 한쪽 다리 지지 능력 • 고강도 주행 중에도 자세를 유지하는 근지구력

사고 영상만으로 실제 손상이나 복귀 가능 여부를 판단하지 않음

재활에서 트랙 복귀까지: 단계별 기준

날짜만으로 복귀를 결정하지 않고 증상·기능·종목 요구도를 함께 평가

1단계 증상 안정	2단계 기초 기능	3단계 자전거 적용	4단계 트랙 훈련	5단계 경기 복귀
의학적 평가, 통증·부종·신경학적 증상 확인	통증 없는 가동범위, 기초 근력, 균형 및 몸통 조절	고정식/저강도 페달링, 자세와 좌우 대칭 확인	기술 훈련→저속 그룹 훈련→강도·전술 단계적 증가	의료진 승인, 훈련 반응 확인, 선수·지도자와 공동 결정

뇌진탕 또는 두부·경추 손상이 의심되면 일반적인 근골격계 재활 경로를 적용하지 말고 전문 평가·별도 복귀 절차를 따름

필라테스는 재활과 가동성 훈련에 어떻게 활용할 수 있는가?

호흡·정렬·조절된 움직임·몸통 안정성을 결합한 보조적 운동 접근

기대할 수 있는 활용	근거를 해석할 때 주의할 점
• 몸통 및 골반의 조절 능력과 자세 인식 훈련 • 고관절·흉추·어깨 주변의 조절된 가동성 운동 • 통증과 기능 제한이 있는 선수의 단계별 운동 재개 보조 • 좌우 비대칭과 움직임 보상 패턴을 관찰하는 기회	• 필라테스 재활 체계적 문헌고찰에서는 여러 근골격계 상태에서 통증·장애 개선 가능성이 보고됨 • 그러나 사이클 선수의 부상 후 복귀나 관절가동범위 증가를 직접 입증한 근거는 제한적 • 필라테스가 다른 운동보다 우월하다고 단정할 수 없음 • 손상 유형·단계에 따라 의료진/물리치료사의 처방과 평가가 우선

근거 Byrnes et al., 2018; Kotler et al., 2016; 2025년 사지 근골격계 필라테스 메타분석

사이클 선수의 가동성: 많이 움직이는 것보다 필요한 범위를 조절하는 것

자전거 자세와 페달링에 필요한 기능을 평가하고 개인별로 프로그램을 설계

고관절·햄스트링	흉추·어깨·목	발목·몸통 안정성
• 고관절 굴곡/신전 • 햄스트링 유연성 • 좌우 차이와 골반 보상	• 흉추 회전/신전 • 견갑 조절 • 목의 편안한 중립 자세	• 발목 배측굴곡 • 몸통 항회전 조절 • 한발 지지와 균형
사이클 적용 페달 상·하단에서 골반이 흔들리지 않는지 확인	사이클 적용 낮은 핸들 자세에서 상체 긴장과 과도한 목 신전 확인	사이클 적용 페달링 중 무릎 궤적과 몸통 흔들림 관찰

평가 예시 통증, 능동 관절가동범위, 좌우 차이, 근력, 균형, 기능적 페달링을 함께 기록

필라테스 기반 보조 프로그램 예시

부상 후에는 진단·회복 단계에 따라 수정

1	호흡·정렬	복식/측면 호흡, 중립 골반 찾기	5분
2	몸통 안정성	dead bug 변형, 브리지, 사지 움직임 중 골반 안정	8분
3	가동성	고관절 굴곡근·햄스트링·흉추 회전의 통증 없는 범위 운동	8분
4	균형·협응	저강도 한발 지지, 조절된 체중 이동	5분
5	기능 재평가	통증·가동범위·좌우 차이·동작 질 확인	4분

중단 기준 통증 증가, 어지럼, 저림/감각 변화, 불안정감 또는 의료진이 제한한 동작 발생 시 즉시 중단

선수 기능평가와 보조훈련 현장

제공된 사진: 신체기능 측정, 균형·움직임 과제, 유연성 및 조절 운동 장면



05 사고 대응·복귀 재활 24

훈련 전–중–후 안전 루프 표준화

아차 사고와 증상 보고를 비난이 아닌 학습 자료로 관리

BEFORE 사전 확인	DURING 관찰·조정	AFTER 회고·기록	REVIEW 개선
• 선수 상태·장비·트랙 • 위험요인 브리핑	• 간격·라인·피로 징후 • 위험 시 즉시 중지	• 통증·피로 체크 • 사고·아차 상황 기록	• 반복 패턴 검토 • 훈련·시설·규칙 보완

'보고하면 불이익'이 아니라 '보고하면 개선'이라는 안전 문화 정착

06 현장 적용 25

현장용 안전 체크리스트 8개 항목

미흡 항목은 조치 담당자와 완료 시점을 지정

- ☑ 장비 점검 완료
- ☑ 트랙·시야·환경 확인
- ☑ 선수 컨디션 확인
- ☑ 규칙·중지 신호 공유
- ☑ 주행 간격·동선 관찰
- ☑ 의무지원·비상 연락 확인
- ☑ 훈련 후 증상 확인
- ☑ 사고·아차 상황 기록

06 현장 적용 26

안전은 주의 당부가 아니라, 설계와 점검으로 확보

경기력 향상과 안전은 서로 경쟁하는 목표가 아니라 함께 설계해야 할 목표

측정	예측	개선
부하·회복·증상 개인별로 꾸준히 확인	영상·기록·관찰로 위험 신호를 조기에 발견	선수·지도자·의료진이 함께 안전 문화를 구축

"더 빠르게, 더 멀리, 그리고 더 안전하게."
1초를 줄이는 훈련은 선수의 건강을 지키는 설계에서 시작

07 결론 27

마무리

☑ 전화번호 010-6690-0080
이메일 jcy11053@gmail.com



신용은

학력

단국대학교 의학과 학사

단국대학교 의과대학원 의학과 석사

주요 경력

2020 대한 스포츠의학회 인증전문의 취득

2023 KLPGA 투어 주치의 (23.9.9~23.9.10 KB금융 스타챔피언쉽)

2024 KLPGA 투어 주치의 (24.8.22~24.8.25 한화클래식)

2025 대한사이클연맹 의무위원 역임 : 국가대표선발전 의무지원

2026 아이치-나고야 아시안게임 사이클 트랙경기 의무지원

현재 소속 및 직위

부천우리병원 정형외과 진료과장

대표논문

1. Park HG, Shin YE, Kim SH. The cause of primary reduction failure in hip dislocation with or without hip fracture. J Korean Frac Soc. 2017.
2. Yoo JS, Shin YE, Heo K, Kim SJ, Kim JK, Seo JB. Microfracture in linear, isolated, narrow, engaging Hill-Sachs lesion. Arthrosc Tech. 2018.
3. Shin YE, Kim SJ, Kim JS, Kwak KY, Kim JH, Kim JP. Efficiency of magnetic resonance imaging for diagnosing unstable ligament injuries around the thumb metacarpophalangeal joint: a comparison to arthroscopy. Journal of Orthopaedic Surgery. 2021.

1초를 줄이기 위한 도전, 사이클 선수의 몸은 안전한가?
- 더 빠르게, 더 멀리, 그리고 더 안전하게

대한사이클연맹 의무위원
신용은









사이클 - 도로




사이클 – MTB (Mountain Bike)

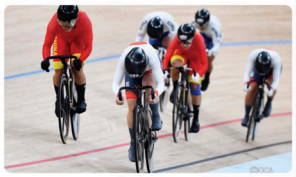



사이클 – BMX (Bicycle Motocross)

- BMX Racing
- BMX Freestyle



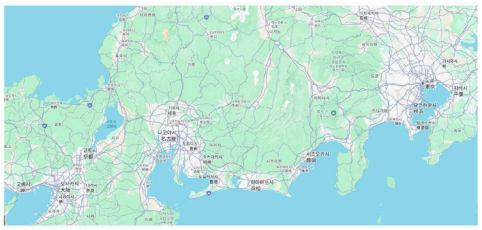

사이클 - 트랙



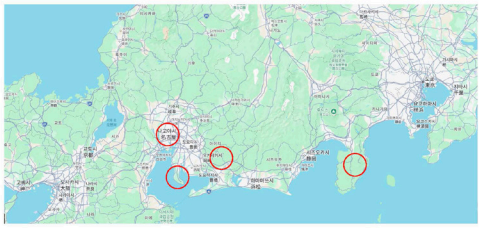

대한민국 대표팀



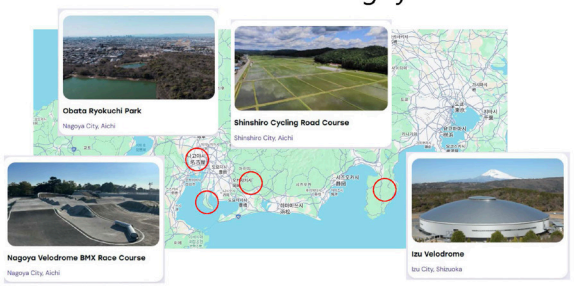
20th Asian Games Aichi-Nagoya 2026



20th Asian Games Aichi-Nagoya 2026



20th Asian Games Aichi-Nagoya 2026



Road : 2026.09.20 ~ 2026.09.23

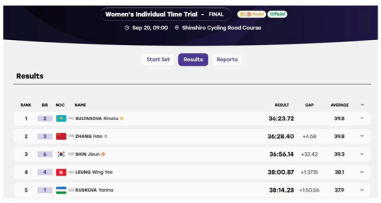
2026 아이치-나고야 아시안게임(도로) 결과 알림

대한사이클연맹 2026-09-20 조회수 292

1. 대 회 명 : 2026 아이치-나고야 하계아시아경기대회
2. 대회기간 : 2026년 9월 19일 ~ 10월 2일
3. 대회장소 : 일본, 아이치-나고야
4. 참가자명단 : [도로 국가대표팀]
- 지도자: 최희동 구본재 도동관 김현성
- 선 수:(ITT)민경호(IRR)김유로 윤재빈 임종원
(ITT)신지은(IRR)장수지 이주은 이주미

5. 경기결과 :

여자 도로독주	3위 [신지은]
남자 도로독주	10위 [민경호]
여자 개인도로	7위 [장수지] 16위 [이주미] DNF[이주은]
남자 개인도로	8위 [김유로] 9위 [윤재빈]



Road : 2026.09.20 ~ 2026.09.23

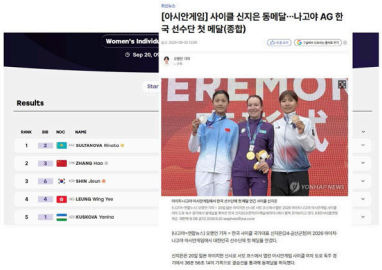
2026 아이치-나고야 아시안게임(도로) 결과 알림

대한사이클연맹 2026-09-20 조회수 292

1. 대 회 명 : 2026 아이치-나고야 하계아시아경기대회
2. 대회기간 : 2026년 9월 19일 ~ 10월 2일
3. 대회장소 : 일본, 아이치-나고야
4. 참가자명단 : [도로 국가대표팀]
- 지도자: 최희동 구본재 도동관 김현성
- 선 수:(ITT)민경호(IRR)김유로 윤재빈 임종원
(ITT)신지은(IRR)장수지 이주은 이주미

5. 경기결과 :

여자 도로독주	3위 [신지은]
남자 도로독주	10위 [민경호]
여자 개인도로	7위 [장수지] 16위 [이주미] DNF[이주은]
남자 개인도로	8위 [김유로] 9위 [윤재빈]



Road : 2026.09.20 ~ 2026.09.23



MTB : 2026.09.24 ~ 2026.09.25

2026 아이치-나고야 아시안게임(MTB) 결과 알림

대한사이클연맹 2026-09-25 조회수 737

1. 대 회 명 : 2026 아이치-나고야 하계아시아경기대회
2. 대회기간 : 2026년 9월 25일
3. 대회장소 : 일본, 아이치-나고야
4. 참가자명단 : [MTB 국가대표팀]
- 지도자: 권진욱
- 선 수:(XCO) 허승수 천성훈

5. 경기결과 :

남자 XCO	8위 [허승수] 9위 [천성훈]



BMX Freestyle : 2026.09.26 ~ 2026.09.27

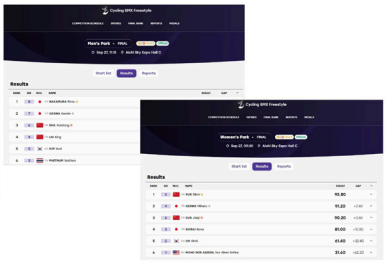
2026 아이치-나고야 아시안게임(BMX 프리스타일) 결과 알림

대한사이클연맹 2026-09-27 조회수: 951

1. 대 회 명 : 2026 아이치-나고야 하계아시아경기대회
2. 대회기간 : 2026년 9월 26일 ~ 27일
3. 대회장소 : 일본, 아이치-나고야
4. 참가자명단 : [BMX 프리스타일 국가대표팀]
   - 선수관리 : 최창명
   - 선 수: 김율 오시내
5. 경기결과 :

여자 5위 [오시내]
남자 5위 [김율]

최선을 다한 우리 선수들에게 따뜻한 격려와 힘찬 박수 부탁드립니다!



BMX Racing : 2026.09.28

2026 아이치-나고야 아시안게임(BMX레이싱) 결과 알림

대한사이클연맹 2026-09-28 조회수: 875

1. 대 회 명 : 2026 아이치-나고야 하계아시아경기대회
2. 대회기간 : 2026년 9월 28일
3. 대회장소 : 일본, 아이치-나고야
4. 참가자명단 : [BMX 레이싱 국가대표팀]
   - 지도자: 차승호
   - 선 수: 윤준수 홍주호 박아연 김예서
5. 경기결과 :

여자 9위 [박아연] 10위 [김예서]
남자 10위 [홍주호] 12위 [윤준수]

Track : 2026.09.29 ~ 2026.10.02



최선을 다한 우리 선수들에게 따뜻한 격려와 힘찬 박수 부탁드립니다!

5. 경기결과 :

남자 단체스프린트 6위 [최태호 정호진 오제석 최우림]
여자 단체스프린트 미출전

남자 단체추발 3위 [민경호 김현석 박상훈 홍승민 이진구]
여자 단체추발 3위 [신지은 박도영 장수지 김민정 노윤서]

남자 경륜 13위 [최우림] 15위 [최태호]
여자 경륜 8위 [김하은] 12위 [조선영]

남자 스프린트 10위 [최태호] 13위 [오제석]
여자 스프린트 9위 [조선영] 11위 [김하은]

남자 옴니엄 11위 [김현석]
여자 옴니엄 6위 [신지은]

남자 매디슨 4위 [민경호 홍승민]
여자 매디슨 4위 [장수지 신지은]





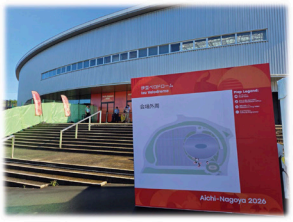






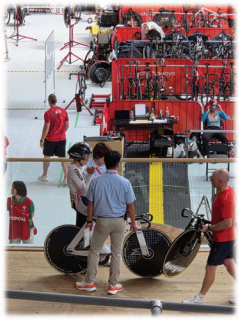





Aichi-Nagoya 2026

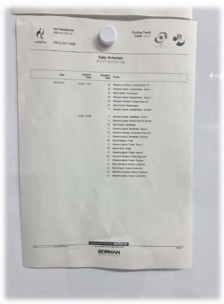




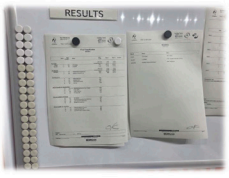


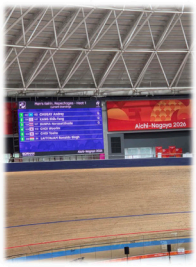









RESULTS


Aichi-Nagoya 2026



아시안게임 성적

- 2010 광저우
  - 금4, 은1 (도로 금2 / 트랙 금2, 은1)
- 2014 인천
  - 금3, 은4, 동1 (도로 금2 / 트랙 금1, 은4, 동1)
- 2018 자카르타 팔렘방
  - 금6, 은3, 동4 (도로 금2 / 트랙 금4, 은3, 동4)
- 2022 항저우
  - 은4, 동2 (도로 은1 / 트랙 은3, 동2)
- 2026 아이치-나고야
  - 동3 (도로 동1 / 트랙 동2)

20th Asian Games
Aichi-Nagoya 2026

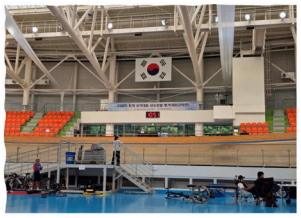


우리의 과제

- 경기장 훈련장 시설
- 다양한 종목
- 복잡한 규칙



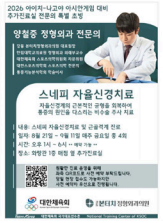




우리의 과제

- 종목에 대한 이해
- 관심과 소통
  - 연맹, 지도자, 선수
- 대표팀 선수단
  - 전반적 컨디션 관리, 부상 방지, 회복, 재발 방지, 도핑
- 유소년 선수
  - 교육 : 인체역학, 부상 위험 및 방지, 도핑





대한민국 사이클 파이팅 !

KCF 대한사이클연맹



김경호

학력

고신대학교 의과대학 학사

성균관대학교 의학대학원 의학과 석사

주요 경력

2019.3.24 대한스포츠의학회 제55차 춘계학술대회 증례발표

군 훈련 이후 발생한 전경골근 탈출에서의 수술적 치료 : 증례보고

Surgical repair of tibialis anterior muscle herniation after a military training program: A case report

2019.8.7. 대한스포츠의학회 인증전문의 취득(면허번호 794)

구리시 뉴리틀야구단 팀주치의(2024~현재)

대한사이클연맹 스포츠의학위원회 의무위원(2024~ 현재)

2026.10' 진천 사이클 국가대표평가전 의무위원 참석

2026.9' 아이치-나고야 아시안게임 BMX 프리스타일 사이클대회 참석

2026.4' 홍콩 국제사이클대회 의무위원 참석

2025.8' 양양 국제사이클대회 의무위원 참석

현재 소속 및 직위

대한사이클연맹 스포츠의학위원회 의무위원(2024~ 현재)

구리삼성정형외과의원 원장(2023~ 현재)

대표논문

1. Kim, S. C., Kim, K. H., Park, J. H., Bukhary, H., Kim, I. S., Lee, S. M., & Yoo, J. C. (2022). Microinstability characterised by small and easily overlooked anterior labral or Hill– Sachs lesions can be managed with arthroscopic anterior labral repair. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 30(11), 3818-3826.
2. B. S. Kim, K. H. Kim, Jonathan Day, Jesse Seilern Und Aspang & J. Y. Kim (2021). Ultrasound-Guided Popliteal Nerve Block with Short-Acting Lidocaine in the Surgical Treatment of Ingrown Toenails, Int. J. Environ. Res. Public Health 2021, 18, 5059
3. J. C. Yoo & K. H. Kim (2021). Comparison of clinical outcomes for arthroscopic anterior labral repair surgery between anterior microinstability and classic anterior shoulder instability, Sungkyunkwan University Graduate School, Masters degree Report

페달 위의 리얼리티: 사이클 선수들의 주요 외상 증례 보고

대한사이클연맹 의무위원

김경호

1. 사이클 좋아하시나요?



1. 사이클 좋아하시나요?



<일상 속 뛰어난 접근성>

- 낮은 진입 장벽
  : 출퇴근이나 레저, 자전거 도로를 활용

Cf.) 전용 경기장(벨로드럼, BMX 경기장 등)

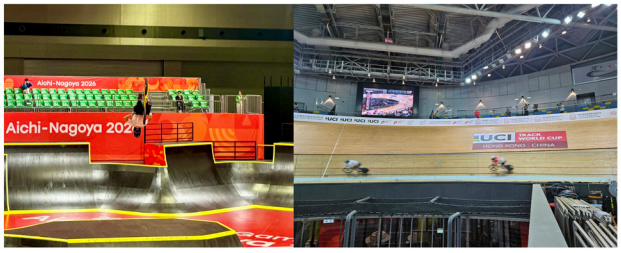
- 국내 자전거 도로 인프라 확장

: 전국 자전거 도로망(한강, 낙동강, 국토종주 코스 등)이 체계적으로 구축

- 공공자전거 서비스의 보급

: 따릉이(서울), 타슈(대전), 누비자(창원) 등 지자체 공유 자전거의 대중화

1. 사이클 좋아하시나요?



1. 사이클 좋아하시나요?



<국내 사이클 현황>

- 국내 자전거 이용 인구
  : 약 1,340만 명(행정안전부 및 한국교통연구원 조사 기준)
  : 대한민국 인구 4명 중 1명
  : 대표적인 국민 스포츠

- 주기적 동호인 및 라이더 층
  : 매주 1회 이상
  : 약 300만~400만

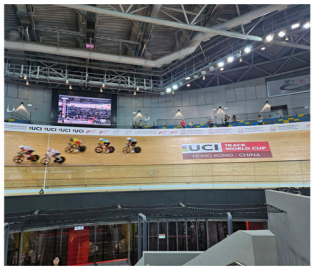
-동호회 및 커뮤니티 활성화
  : 로드바이크, MTB 등 전문 동호회

1. 사이클 좋아하시나요?





1. 사이클 좋아하시나요?



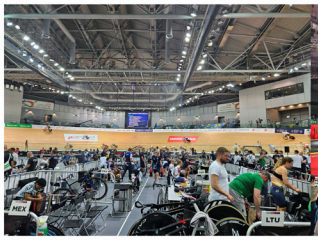
<사이클의 성장요인>

- 남녀노소 즐기기 쉬운 종목 특성
  : 유산소 운동, 하체 근력 강화, 관절 부담이 적은 장점

- 국내 자전거 대회 및 라이딩의 대중화
  : 투르드경남, 설악, 백두대간, 무주, 지리산, 양양 그란폰도, 화천DMZ자전거대회 등

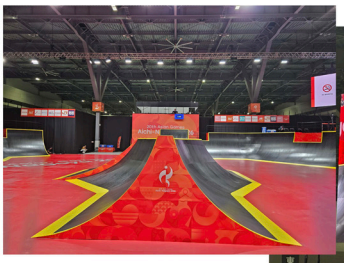
- 실내 사이클의 확대
  : 계절이나 날씨에 구애받지 않을수 있는 장점

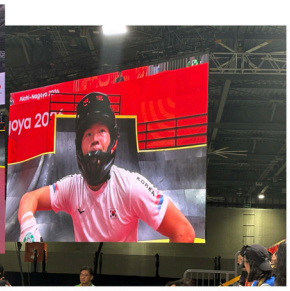
1. 사이클 좋아하시나요?





1. 사이클 좋아하시나요?





2. 사이클 경기의 높은 부상 위험성





2. 사이클 경기의 높은 부상 위험성



- 다인원 동시 주행
  : 여러 선수가 좁은 공간에서 고속으로 밀집 주행하여 충돌 위험 상존

- 치열한 순위 경쟁
  : 순간적인 위치 선점 및 과감한 추월 시도로 인한 사고 가능성 증대

- 집단 낙차(Peloton Crash) 위험
  : 한 선수의 실수가 다수 선수의 연쇄 낙차 및 중상으로 직결

2. 사이클 경기의 높은 부상 위험성



3. 사이클 호발 부상

- 상지
- 하지
- 두부 및 척추
- 과사용, 퇴행성 변화

대한사이클연맹 Korea Cycling Federation KCF

4. 사이클 선수에서 발생하는 상지손상

1) 쇄골 골절 (Clavicle fracture)
2) 견쇄관절 인대손상(AC-CC injury)
3) 회전근개 염좌 및 파열(rotator cuff injury)
4) 찰과상 및 타박상 (Abrasion, Contusion)

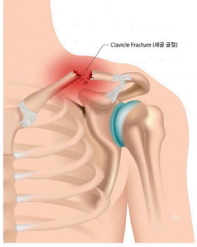
대한사이클연맹 Korea Cycling Federation KCF

4-1) 쇄골 골절 (Clavicle Fracture)



대한사이클연맹 Korea Cycling Federation KCF

4-1) 쇄골 골절 (Clavicle Fracture)



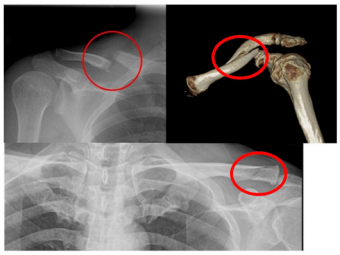


<발생 기전>

- 낙차 시 어깨 부위로 직접 착지하거나, 팔을 통해 전달된 충격이 쇄골에 집중될 때 발생
- 특히 로드 바이크에서 전방 낙차 시 많이 발생
- 2026' AG 노면장애물 회피과정 발생 – 귀국 수술
- 2026' BMX free style – 경기 도중 경추부 동반 손상, 경기 중도포기

대한사이클연맹 Korea Cycling Federation KCF

4-1) 쇄골 골절 (Clavicle Fracture)



<증상>

- 어깨 앞쪽 통증, 팔을 움직일 때 심한 통증
- 쇄골 부위의 변형 또는 돌출 (skin tenting)
- 부종, 멍, 움직임 제한
- 쇄골 골절 시 종종 "딸깍" 소리가 나거나 불안정감

대한사이클연맹 Korea Cycling Federation KCF

4-1) 쇄골 골절 (Clavicle Fracture)

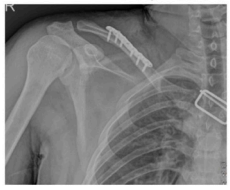


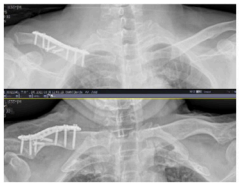
<비수술적 치료>

- 골절이 심하게 어긋나지 않은 경우
- 슬링(Sling) 또는 8자붕대(figure-of-eight) 밴드 착용 4~6주
- 통증 조절 후 점진적 재활
- 대부분의 비전위성 골절

대한사이클연맹 Korea Cycling Federation

4-1) 쇄골 골절 (Clavicle Fracture)





<수술적 치료>

- 골절의 변위가 심한 경우, 피부 돌출, 개방성 골절, 신경-혈관 손상 동반 등
- 금속판과 나사(plate and screw), 골수내정 등 으로 정복 및 고정
- 회복 기간 단축 및 정렬 유지가 가능
- 고에너지수상/ 선수 / 빠른 수술 및 빠른 재활 희망 / 다음 시즌 복귀

대한사이클연맹 Korea Cycling Federation

4-1) 쇄골 골절 (Clavicle Fracture)



<예방법>

- 헬멧과 어깨 보호대 착용
  : 헬멧 외에도 어깨 충격을 완화해주는 숄더 패드 착용 시 충격 분산
- 낙차 기술 연습
  : 낙차 시 팔을 뻗기보다 몸을 말아 구르는 기술 (롤링) 연습
- 핸들 컨트롤 향상
  : 속도 조절, 브레이킹 연습을 통해 급제동·급회전 상황 줄이기
- 무리한 다운힐 지양
  : 기술이 부족한 고속 주행 또는 급경사 하강은 피하기

대한사이클연맹 Korea Cycling Federation

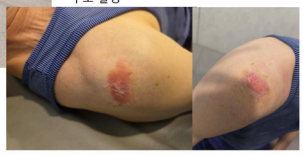
4-2) 견쇄관절 인대 손상 (AC-CC injury)
Acromioclavicular & Coracoclavicular Ligament Injury



대한사이클연맹 Korea Cycling Federation

4-2) 견쇄관절 인대 손상 (AC-CC injury)



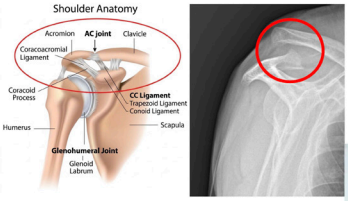


<발생 기전>

- 낙차 시 어깨 끝 (acromion) 부위로 직접 떨어지면서
- 쇄골과 견봉 사이의 관절(AC joint) 및 오구돌기-쇄골 사이 인대(CC ligament) 손상
- "어깨 윗부분에 떨어졌을 때" 주로 발생

대한사이클연맹 Korea Cycling Federation

4-2) 견쇄관절 인대 손상 (AC-CC injury)





<증상>

- 어깨 윗부분 부종, 심한 압통
- 팔을 들어올릴 때 극심한 통증, 어깨 움직임 제한
- 계단 변형(step-off deformity)
  : 쇄골이 위로 솟아오른 것처럼 보임 (Rockwood classification grade III 이상)

대한사이클연맹 Korea Cycling Federation

4-2) **견쇄관절 인대 손상** (AC-CC injury)



<비수술적 치료>

- Grade I~II
(인대 늘어남 또는 불완전 파열)
- Sling apply, PRICE, PT, PO
- 수 주 내 일상생활 복귀 가능

대한사이클연맹 Korea Cycling Federation

4-2) **견쇄관절 인대 손상** (AC-CC injury)



<수술적 치료>

- Grade III 이상
(인대 완전 파열 및 변위 동반)
- 특히 젊고 활동적인 "운동선수, 라이더"에게 고려
- 인대 재건술, 쇄골-견봉 고정술 등
ORIF c AC-CC lig. reconstruction
- 수술 후 6주 고정, 3개월 이상 재활
- 6개월 이내 HWR rec
(bony erosion)

대한사이클연맹 Korea Cycling Federation

4-2) **견쇄관절 인대 손상** (AC-CC injury)

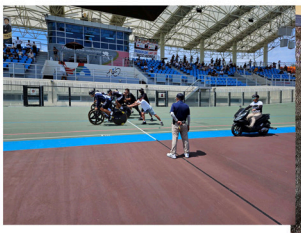


<**예방법**>

- 낙차 시 어깨로 직접 떨어지지 않도록 주의
- 어깨 주변부 근력 강화
: 삼각근, 승모근, 회전근개 강화로 관절 안정성 향상
- 바이크 세팅 최적화
: 핸들 위치가 너무 낮으면 상체가 앞으로 쏠리며 낙차 시 어깨 부담 증가
- 보호장비 착용
: 어깨 패드 또는 백팩이 충격 흡수에 도움

대한사이클연맹 Korea Cycling Federation

4-3) **회전근개 염좌 및 파열** (Rotator Cuff strain/tear)

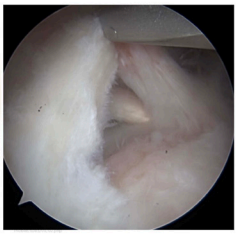




대한사이클연맹 Korea Cycling Federation

4-3) **회전근개 염좌 및 파열** (Rotator Cuff strain/tear)





<발생 기전>

- 낙차 시 팔을 뻗어 떨어질 때 회전근개 힘줄에 과도한 장력 발생
- 반복적인 충격/진동에 의한 과사용 손상도 가능
- 주로 극상근 파열
(Supraspinatus tendon tear)

대한사이클연맹 Korea Cycling Federation

4-3) **회전근개 염좌 및 파열** (Rotator Cuff strain/tear)





<증상>

- 어깨 외측 또는 상부 통증
(특히 팔을 들어올릴 때)
- 밤에 통증 악화 (야간통)
- 체위에 따른 통증
: 누워있으면 통증 심화
: 옆으로 눕기 힘듦
- 약간의 염좌일 경우에도 힘이 빠지는 느낌
- 파열 시 팔을 들어올리기 힘듦, 움직임 시 "딸깍" 소리

대한사이클연맹 Korea Cycling Federation

4-3) 회전근개 염좌 및 파열 (Rotator Cuff strain/tear)



<비수술적 치료>

- 경미한 염좌, 부분 파열의 경우
- 휴식, 소염진통제(NSAIDs), 물리치료, injection 등
- Short-term sling apply
- 어깨 주변부 회전근개 강화 운동

대한사이클연맹 Korea Cycling Federation KCF

4-3) 회전근개 염좌 및 파열 (Rotator Cuff strain/tear)



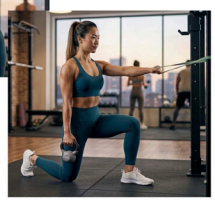
<수술적 치료>

- Full thickness tear
- 근육 기능 저하
- 비수술로 회복 안 되는 경우
- Secondary frozen shoulder
- A/S Rotator cuff repair
- 회복까지 수개월 소요 (운동 복귀는 4~6개월)

대한사이클연맹 Korea Cycling Federation KCF

4-3) 회전근개 염좌 및 파열 (Rotator Cuff strain/tear)





<예방법>

- 어깨 근육 밸런스 강화
: 회전근개 + 견갑골 주변부 근육운동 (견갑거근, 전거근 등)

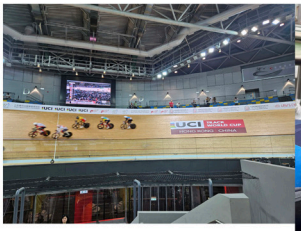
-행들바에 체중 과도하게 싣지 않기
: 상체를 손으로 지탱하지 말고 코어로 지지

- 자세 교정
: 어깨 말림(rounded shoulder), 거북목이 있을 경우 교정 필요

- 적절한 휴식과 스트레칭
- 장거리 주행 후 어깨 스트레칭으로 유연성 유지

대한사이클연맹 Korea Cycling Federation KCF

4-4) 찰과상 및 타박상 (Abrasion, Contusion)





대한사이클연맹 Korea Cycling Federation KCF

4-4) 찰과상 및 타박상 (Abrasion, Contusion)



4-4) 찰과상 및 타박상 (Abrasion, Contusion)



4-4) **찰과상 및 타박상** (Abrasion, Contusion)



< 발생 기전 >

- 낙차 시 지면과의 마찰로 피부의 표피층이 벗겨지는 외상
- 아스팔트, 자갈 등에 의한 표면 손상이 많음
- 일반적으로 무릎, 팔꿈치, 어깨, 손 등 등 노출 부위에서 발생
- 전신 유니폼 착용에도 유니폼이 찢어지는 경우가 흔함

대한사이클연맹 Korea Cycling Federation KCF

4-4) **찰과상 및 타박상** (Abrasion, Contusion)



< 증상 >

- 표피 벗겨짐, 출혈, 작열감
- 감염 시 붓기, 진물, 발열 동반 가능
- 간혹 피부 심부층까지 손상

대한사이클연맹 Korea Cycling Federation KCF

4-4) **찰과상 및 타박상** (Abrasion, Contusion)



<비수술적 치료>

- 깨끗한 물 또는 생리식염수로 세척
- 이물질 제거, 항생제 연고 도포
- 습윤드레싱
- PRICE
- 감염 예방을 위한 파상풍 예방접종 고려

대한사이클연맹 Korea Cycling Federation KCF

4-4) **찰과상 및 타박상** (Abrasion, Contusion)



<수술적 치료 >

- 넓은 범위 손상, 피부 이식이 필요한 경우
- 일반 찰과상은 대부분 비수술로 충분

대한사이클연맹 Korea Cycling Federation KCF

4-4) **찰과상 및 타박상** (Abrasion, Contusion)



< 예방법 >
- 긴팔/긴바지 사이클복 착용
: 피부 보호
- 장갑 및 보호대 착용
: 손, 팔꿈치 등 잘 까지는 부위 보호
- 도로 환경 확인
: 자갈, 모래, 젖은 노면 등 미끄러운 구간 미리 예측
- 기본 낙차 회피 스킬
: 장애물 피하는 스킬, 시선처리, 브레이크 분산 사용 등 연습

대한사이클연맹 Korea Cycling Federation KCF

5. 사이클 많이 사랑해주세요



- 신체적 건강
: 심폐지구력 강화, 하체 근육 발달, 체중 조절 및 체지방 감량, 체중 부하가 적어 무릎 관절 보호 효과
- 정신적 건강
: 야외 활동을 통한 스트레스 해소 및 긴장 완화
- 친환경 및 경제성
: 탄소 배출이 없는 친환경 이동 수단이자 유지 비용 대비 높은 운동 효율 제공

대한사이클연맹 Korea Cycling Federation KCF

5. 사이클 많이 사랑해주세요



5. 사이클 많이 사랑해주세요



5. 사이클 많이 사랑해주세요



5. 사이클 많이 사랑해주세요



대한사이클연맹
Korea Cycling Federation
KCF



심포지엄 4: 사이클 ② - 사이클 경기력 향상을 위한 스포츠과학 기반 트레이닝 전략과 데이터 활용

Symposium 4: Sports Science-Based Training for Cycling Performance (스포츠과학위원회 2)

좌장: 강동경희대병원 김동환, 동국대학교 정진욱

구본재

학력

한국체육대학교 체육학과 학사

한국체육대학교 대학원 스포츠코칭학과 석사

한국체육대학교 대학원 체육학과 박사

주요 경력

(현) 국가대표 사이클 지도자(파리올림픽, 아이치나고야 아시안게임 출전)

(현) 한국스포츠심리학회 사회공헌위원

(현) 스포츠윤리센터 스포츠인권강사

(전) 서울시청 사이클팀 지도자

(전) 대한장애인스키협회 멘탈코치

현재 소속 및 직위

국가대표 사이클팀 지도자(남자 도로)

한국스포츠심리학회 사회공헌위원

대표논문

1. 구본재, 윤영길. (2019). 합숙훈련에서 청소년사이클대표선수의 심리적 경험 변화. 체육과학연구, 30(4), 875-887.

2. 구본재. (2022). 아시안게임 준비기 사이클대표선수 경기력 방해요인의 영향 추이. 스포츠사이언스, 89-96.

3. 구본재, 윤영길. (2022). 사이클 경기력 영향 심리요인으로 평판의 향배. 체육과학연구, 56-66.

국가대표 사이클 선수의 파워 기반 트레이닝

대한사이클연맹
구본재







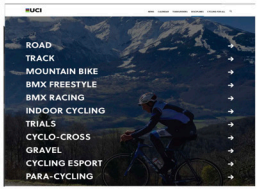


사이클 시작과 변화



자동차보다 늦게, 말의 대용으로 한때는 패션 용품으로

속도에 대한 인간의 갈망



6

사이클 시작과 변화

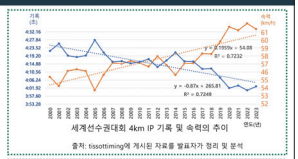




<출처: 위키피디아>

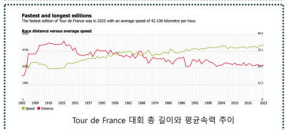
- ✓ 인간동력 스포츠 중 가장 빠른 속력
- ✓ 트랙 경기의 기록은 단축, 속력은 더 빨라지는 추세
  - -> 세계선수권 남자 4km IP, 20년 동안 20초 빠르게 주파
  - -> 평균 속력 약 10km/h 증가
- ✓ 도로 경기의 평균 거리는 줄어들고 속력은 더 빨라지는 추세
  - -> Tour de France, 총 거리 100년 사이에 1500km 축소
  - -> 평균 속력 약 13km/h 증가

더 빠르게, 더 역동적으로, 더 재미있게, 더 짧게



세계선수권대회 4km IP 기록 및 속력의 추이

출처: tissottiming에 게시된 자료를 발표자가 정리 및 분석



Tour de France 대회 총 길이와 평균속력 추이

출처 : https://www.procyclingstats.com/race/tour-de-france/results/fastest-editions

2. 사이클, 훈련과 경기

사이클 훈련과 경기



훈련 계획과 주안점

- 단기 / 중기 / 장기 계획
- 주기화 / 점진적 과부하 / 개별화
- 부상과 체력관리
- 데이터와 경험의 통합과 환류

9

사이클 훈련과 경기

훈련과 경기에서 스포츠과학적 고려

- 경기력 모델 - 체력, 기술, 전술, 심리 + 평판
- 역학 & 공기역학
- 생리학
- 심리학
- 영양학
- 첨단과학기술 도입 (센서, iot 등)
- ESG













Crouch, T.N., Burton, D., Brown, N.A.T., Thompson, M.C., Sheridan, J., (2014). Flow topology in the wake of a cyclist and its effect on aerodynamic drag. J. Fluid Mech. 748, 5–35.

Barry, N., Burton, D., Sheridan, J., Thompson, M., Brown, N.A.T., (2015). Aerodynamic performance and riding posture in road cycling and triathlon. Proc. Inst. Mech. Eng. P J. Sports Eng. Technol. 229, 28–38.

10

사이클 훈련과 경기

트랙 사이클 (Track cycling)



영상 출처 : UCI 공식 Youtube 채널

- 예시 종목 : 경륜(Keirin)
- 폭발적인 파워와 스피드 요구
- 치열한 자리 다툼과 몸싸움

11

사이클 훈련과 경기

트랙 사이클 (Track cycling)

- 예시 종목 : 경륜(Keirin)
- 폭발적인 파워와 스피드 요구
- 치열한 자리 다툼과 몸싸움

- GYM training
- Moto push
- Moto chasing
- Start training
- Moto jump or solo jump
- Flying
- …





12

사이클 훈련과 경기

도로 사이클(Road cycling)



영상 출처 : https://www.youtube.com/watch?v=wCqxDfGLbd8&t=20s 의 영상을 편집

- 높은 지구력과 근력, 강인한 정신력 요구
- 개인 종목이지만 팀워크가 매우 중요
- 도로 환경 적응
- 코스에 대한 이해와 전략
- 에너지를 아끼고 리더를 보호하며 적절한 작전 수행능력 요구

13

사이클 훈련과 경기

도로 사이클(Road cycling)

- 높은 지구력과 근력, 강인한 정신력 요구
- 개인 종목이지만 팀워크가 매우 중요
- 도로 환경 적응
- 코스에 대한 이해와 전략
- 에너지를 아끼고 리더를 보호하며 적절한 작전 수행능력 요구

- 다양한 환경에서 선수에 적합한 강도와 양을 설정해 훈련









14

사이클 훈련과 경기

부상과 안전

- **다양한 부상 원인과 양상**
  - 만성 부상 : 과사용, 피로누적, 오버 트레이닝
    장경인대염, 거북목, 골반의 전만, 추간판 탈출, 점퍼스 니, …
  - 급성 부상 : 낙차, 차량 사고
    찰과상, 골절, 뇌 손상, 장기 손상

- **부상과 사고 예방을 위한 노력들**
  - 도로 환경 통제와 서포트카
  - 운동 전 중 후 뉴트리션
  - 준비운동과 정리운동
  - 데이터 + 경험 기반 선수 컨디셔닝 추적과 관리





15

3. 사이클, 파워기반 훈련 방법

왜 파워 기반인가?

종목별 경기력 구성 요소의 중요도

종목	분석인원(명)			경기력 구성 요소의 중요도				일관성지수
	체력	기술	계	체력	기술	심리	전술	
농구	3	3	6	.362	.173	.067	.398	.03
태술랑	6	5	11	.517	.273	.109	.101	.02
배구	3	6	9	.239	.540	.127	.094	.02
배드민턴	4	4	8	.438	.282	.154	.125	.03
복싱	3	7	10	.625	.253	.066	.056	.05
사격(공세아)	6	5	11	.225	.204	.433	.139	.03
수영	3	4	7	.419	.264	.213	.104	.06
양궁	4	5	9	.007	.328	.519	.055	.03
유도	4	6	10	.414	.368	.142	.076	.03
육상(단거리)	4	3	7	.557	.066	.230	.147	.05
육상(장거리)	3	4	7	.504	.056	.169	.270	.01
축구	5	3	8	.171	.311	.299	.219	.01
탁구	3	2	5	.114	.464	.326	.096	.05
태권도	4	3	7	.238	.408	.264	.091	.01
피니스	3	2	5	.448	.247	.158	.146	.04
트라이애슬론	4	2	6	.647	.110	.175	.068	.04
핸드하키	5	5	10	.486	.226	.212	.076	.03
핸드볼	7	4	11	.395	.430	.075	.099	.01
계	74	73	147					

(윤영호, 김원배, 정태희, 2006)

- 유사종목 상대비교
  사이클: 체력 우위 종목

체력 향상 지표의 변화

경기 결과 속력 | 생리 반응 심박수 | 외부부하 파워 | 장호보완 복합지표

17

왜 파워 기반인가?

		Pros	Cons
경기 결과 속력	얼마나 빨리 이동했는가?	직관적 측정 쉬움	변수에 취약
생리 반응 심박수	신체가 어떻게 반응하는가?	개별화 가능 측정 쉬움	느린 반응 변수에 취약
외부 부하 파워	실제로 얼만큼 기계적 부하를 수행했는가?	실제적 측정 즉각적 반응 지표 다양화	생리반응 미반영 장비 오차
상호보완 복합지표	같은 외적 부하에 신체가 어떻게 반응하는가?	더 면밀한 확인 피로도 감지	환경변수 취약 해석 복잡성 증가

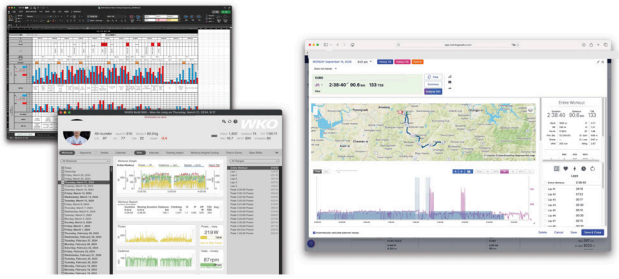
18

파워기반 훈련 기본 개념

약어/개념	명칭	정의
Power(W)	Power	순간적인 기계적 출력
W/kg	Watts per kilogram	체중 대비 출력
Work (KJ)	Mechanical work	일정 시간 동안 수행한 총 일
MMP	Mean Maximal Power	특정 시간 기록한 최고 평균파워
PDC	Power Duration Curve	지속시간별 최고 파워 연결한 곡선(모델링)
Pmax	Maximal power	낼 수 있는 최대출력
PPO	Peak Power Output	점증부하검사에서 도달한 최고 출력
MAP	Maximal Aerobic Power	최대유산소 능력 부근의 출력
FTP	Functional Threshold Power	장시간 유지 가능한 기능적 역치 출력
mFTP	Modeled FTP	파워-지속시간 모델로 추정한 FTP
CP	Critical Power	Heavy-severe 영역을 구분하는 임계출력
TTE	Time to Exhaustion	FTP/mFTP 유지가능한 모델상 지속시간

약어/개념	명칭	정의
W'	Work above CP	CP보다 높은 강도로 사용할 수 있는 용량
FRC	Functional Reserve Capacity	WKO에서 FTP 이상에서 사용할 수 있는 작업용량
NP	Normalized Power	변동하는 파워의 생리적 부담을 환산한 출력
IF	Intensity Factor	NP가 FTP의 몇 배인지 나타낸 상대강도
TSS	Training Stress Score	운동시간과 강도를 합친 세션 부하
VI	Variability Index	NP / 평균파워, 파워 변동성
CTL	Chronic Training Load	장기 훈련부하, 훈련 Fitness
ATL	Acute Training Load	단기 훈련부하, 훈련 Fatigue
TSB	Training Stress Balance	CTL과 ATL의 차이, 훈련 Form
Pw:Hr	Power-HR Decoupling	운동 전후만의 파워-심박 관계 변화
EF	Efficiency Factor	파워 대비 심박 효율
W'bal	W-prime balance	운동 중 남아 있는 W'의 모델 추정치

파워기반 훈련프로그램 시연



20

감사합니다

KOREA NATIONAL CYCING TEAM TRAINING METHOD :
Power based Training

사이클 국가대표 훈련법:
파 워 기 반 훈 련

- 구본재 -

양우휘

학력

German Sport University Cologne, Sport and Performance 학사

German Sport University Cologne, Exercise Science and Coaching 석사

German Sport University Cologne, Exercise Science 박사

주요 경력

대한축구협회(KFA) 협력강사

Exercise Science (SCOPUS) 전문 편집위원

Physical Activity and Nutrition 편집위원

Frontiers in Physiology 편집위원

주식회사 론픽 자문교수

주식회사 뉴마핏 자문교수

현재 소속 및 직위

차 의과학대학교 스포츠의학대학원(부원장), 일반대학원 의학과 조교수

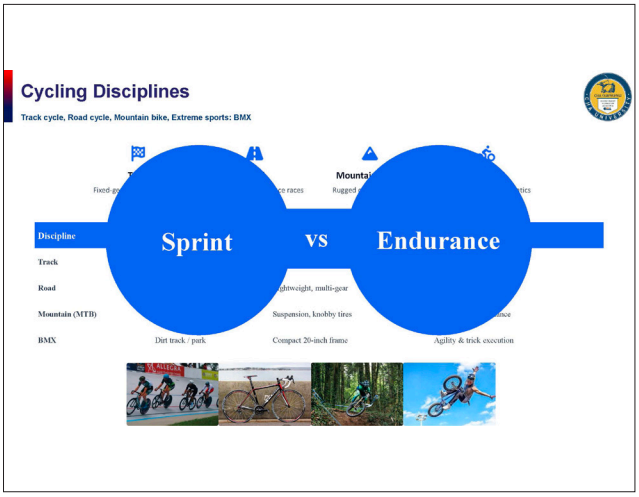
대표논문

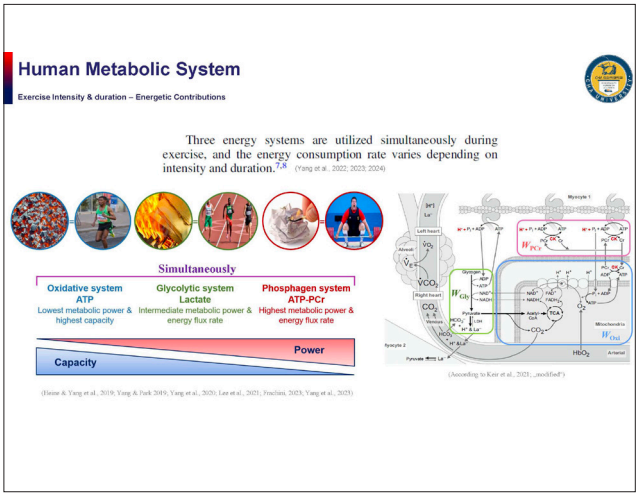
1. Kwak YJ, Choi HY, Yang WH*. Pure maximal glycolytic rate and metabolic contribution during a maximal sprint test across various positions in highly trained football players. European Journal of Applied Physiology, 2026 126: 2263-2274 DOI: https://doi.org/10.1007/s00421-025-06066-9
2. Yang WH*, Park SY, Kwak YJ, Choi HY, Kim ZH, Cha YR, Baek JY, Heine O, Gehlert S*. Validity of a ramp protocol based on whole-body climbing-specific exercise for peak oxygen uptake in physically active adults. Scientific Reports, 2025 15: 37920 (2025) DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-025-23438-5.
3. Yang WH*, Park SY, Kwak YJ, Kim ZH, Choi SH. Third-man-passing small-sided games induce higher anaerobic energy contributions than regular-passing small-sided games in football players. International Journal of Sports Physiology and Performance, 2024, 19(11): 1275-1284. https://doi.org/10.1123/ijspp.2024-0196.

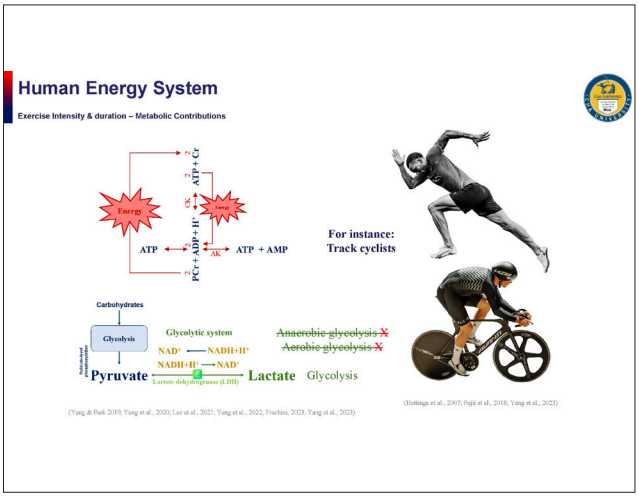
스포츠생리학 기반 사이클 선수 트레이닝 전략

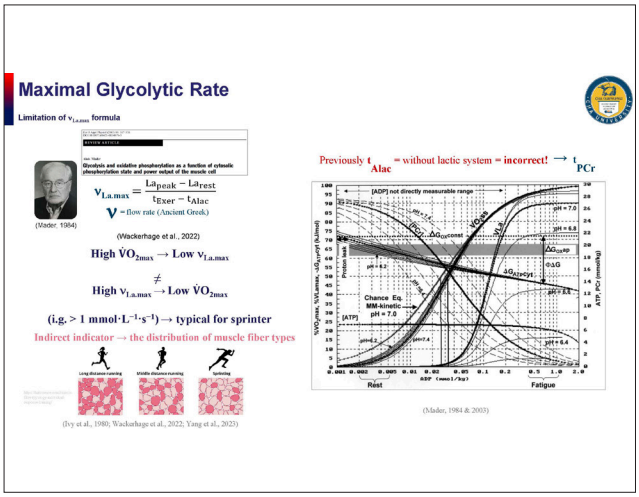
차의과학대

양우휘









Maximal Glycolytic Rate

Limitation of $v_{La,max}$ formula

"…..phosphagen-contributed time (t_{PCr}) in which no La^- formation ("*fictitiously*") is assumed….."

"……the $t_{PCr-3.5\%}$ definition without providing an in-depth explanation on why the reduced 3.5% time point of the maximal power output was determined as t_{PCr}"

An error of the early SRM cycle ergometer !

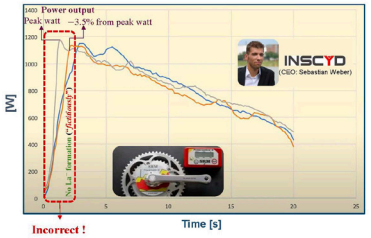
(Yang et al., 2023)



$$v_{La,max} = \frac{La_{peak} - La_{rest}}{t_{Exer} - t_{Alac} - 3.5\%}$$

(Mader, 1984; Weber, 2003)

Previously t_{Alac} = without lactic system = **incorrect!** → t_{PCr}



(Weber, 2003; Weber, Munich Endurance Symposium 2022, "modified")

Maximal Glycolytic Rate

Limitation of $v_{La,max}$ formula



$$v_{La,max} = \frac{La_{peak} - La_{rest}}{t_{Exer} - t_{Alac} - 3.5\%}$$

(Mader, 1984; Weber, 2003)

Without calculation of the oxidative energy contribution ($v_{La,max}$ formula)

"Minor significance" (Heck, 2003)

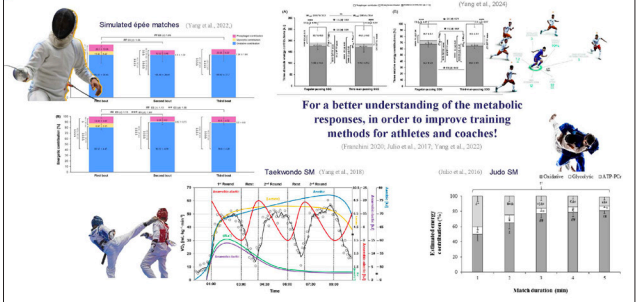
"Additionally, oxidative energy metabolism was not taken into account, even though it might account to approximately 10% during a 100-m sprint." (Heck et al., 2003; Quittmann et al. 2020; Park et al., 2021)



(OBC Rhineland, Cologne, Germany July 2018)

Analyses of Metabolic Contributions

Simulated Exercise



Test procedure

A modified $Pv_{La,max}$ formula

15-second all-out sprint cycling test
(Isokinetic mode 130 rpm)
(Dasst et al., 2025)



Warm-up at 2 W·kg^{-1} for 10 min

5-min rest VO_2 measurement



Resting blood sampling
capillary blood (20 µL)

6-min *off* VO_2 measurement

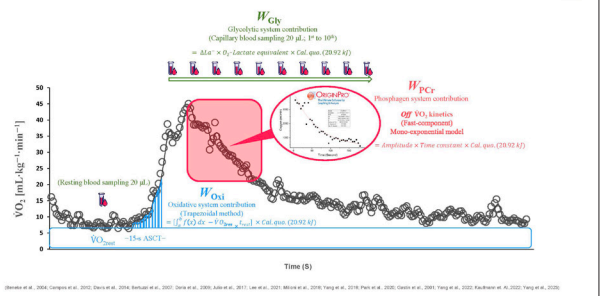


Blood sampling capillary blood (20 µL)
From the 1st to 10th minute after 15-s maximal sprint



PCr-La⁻-O_2 method

Energy system contributions during 15-s ASCT



박상혁

사단법인 대한스포츠의학회 제69차 추계학술대회

학력

홍익대학교 컴퓨터공학부 학사 (2012.08 졸업)

주요 경력

2021년~현재 | 라이덕㈜ 창업자 및 대표이사

· 웨어러블 빅데이터 기반 운동능력·대사 추정 AI 모델 개발

·2022년 8월~12월 | 고려대학교 의과대학 의공학교실 연구원

· 고려대학교 의료원 산학협력단 소속

2024년 | 삼성전자 Samsung Health 기술협력

· 사이클링 FTP 자동 추정 모델 개발 및 기술검증

2024년~2026년 | 중소벤처기업부 TIPS 연구개발 과제 수행

· AI 기반 개인화 운동 코칭 및 운동생리학 분석 모델 개발

현재 소속 및 직위

라이덕 주식회사 대표이사(창업자)

대표특허

1. 다중 모델 기반 FTP 추정 방법, 장치 및 컴퓨터 프로그램
   · 미국 특허출원 US 19/667,816 (2026), 공개 US 2026/0272316 A1
   · PCT 국제출원 PCT/KR2025/009982 (2025)
   · 국내 특허출원 10-2024-0146234 (2024), 공개 10-2026-0024312
2. 사용자의 유산소 및 무산소 운동 역량에 기반한 다양한 서비스를 제공하기 위한 방법 및 컴퓨팅 장치
   · 국내 등록특허 제10-2565991호 (2023)
3. 사용자의 운동 역량에 기반한 사이클링 시뮬레이션 게임 서비스 제공 방법, 서버 및 컴퓨터 프로그램
   · 국내 등록특허 제10-2818892호 (2025)

사이클 빅데이터·웨어러블 기술 활용

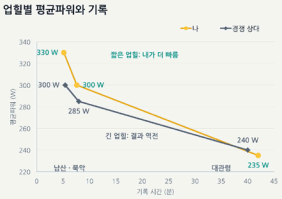
라이덕 대표
박상혁

짧은 업힐에서 이겼는데, 대관령에서는 왜 졌을까?

구간	나	경쟁 상대
남산	5분 9초 330W	5분 24초 300W
북악	7분 36초 300W	7분 58초 285W
대관령	**42분** **235W**	**40분** **240W**

대관령에서 두 번 모두 패배

업힐별 평균파워와 기록



남산 1.81 km·6.5% · 북악 2.5 km·6.5% · 대관령 11.61 km·6.0%

02

왜 장시간 파워에서 차이가 날까?

구력이 짧아서?

초반에 오버페이스를 해서?

둔근을 제대로 쓰지 못해서?



체지방이 많아서?



5분 파워는 더 높은데, 왜 60분 파워는 낮을까?

03

같은 5분 파워, 다른 60분 파워



5분 최고파워 290~310 W인 2,543명 중 100명 · 최근 90일 최고파워

W/kg가 높을수록 파워 유지 비율이 높아지는 경향



20분-램프 리대노덕 테스트 282명에서도 같은 경향: 0.76 → 0.78 → 0.79

5분 최고파워가 비슷해도 60분 파워는 181~233 W (p10~p90)
W/kg가 높을수록 파워 유지 비율이 높고 개인차는 줄어드는 경향

04

스트라바 업힐 기록으로 만든 W/kg 분포

스트라바 공개 업힐 기록 활용

평균파워 ≈ 필요 에너지 ÷ 시간

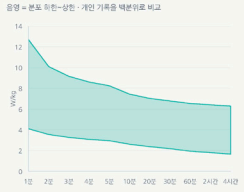
1 업힐 코스 스트라바 세그먼트 → 2 체중별 기록 55~94 kg → 3 평균파워 기록으로 역산 → 4 시간별 W/kg 분포

역산식

$$P = [\, m \cdot g \cdot (\text{경사} + Crr) + \tfrac{1}{2} \cdot \rho \cdot CdA \cdot v^2 \,] \cdot v \div \eta$$

파워미터 기록이 있는 경우 역산값 ±15% 안의 기록으로 식을 검증

지속시간별 W/kg 분포



지속시간별 W/kg 통계로 개인 파워 수준을 추정

05

개인별 파워커브 추정 모델



1 **입력** 최근 85일 · 1초~4시간 최고파워 · 체중·나이·성별

2 **검증** 비정상 피크·파워미터 오차·가상파워 제외

3 **비교** 지속시간별 W/kg 분포에서 개인의 백분위 계산

4 **추정** 계산된 백분위로 전체 파워커브 추정

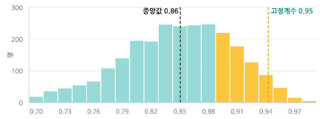
5 **FTP·TTE** FTP와 유지 가능한 시간(TTE)을 함께 추정

실제 라이딩 기록과 통계로 개인별 파워커브를 추정
한 번의 최고파워 기록으로 전체 커브와 FTP·TTE 계산

06

기존 FTP 추정 공식의 한계

60분/20분 최고파워 비율 (2,543명)



0.95 ±5% 범위에 들어오는 사람 21 % · p10–p90: 0.77–0.93

기존 계산 방식의 한계

20분 × 0.95, 램프 × 0.75를 일률적으로 적용
개인의 파워 지속능력 차이를 충분히 반영하기 어려움
테스트를 끝까지 수행했는지도 결과에 영향

라이덕의 개인별 FTP 추정
실제 기록·체중으로 개인별 파워커브 추정
FTP뿐 아니라 유지시간(TTE)도 함께 계산

최근 90일 최고파워 기준 · 60분 최대노력 기록이 없으면 비율이 낮아질 수 있음 (FTP·램프 테스트 결과군 1,247명도 중앙값 0.86)

07

비슷한 퍼포먼스, 다른 탄수화물·지방 대사

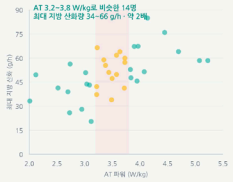
비슷한 AT 수준에서도 지방 산화량의 차이를 관찰

라이덕 메타볼릭 테스트

AT가 비슷한 사람들도
지방 산화량은 다르게 측정됨

해외 선행 사례: INSCYD

퍼포먼스와 대사 특성을 함께 분석
2026년 8월 Alto Velo 메타볼릭 테스트 39명



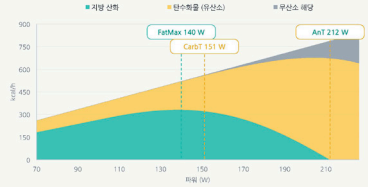
메타볼릭 테스트 36명 · AT = RER 1.0 지속 초과 지점 · 지방 산화 = Frayn 식

INSCYD 대사 프로파일·검증 자료 inscyd.com/science/validation-verification
Poffé et al. (2024). MLSS 검증 doi.org/10.3389/fspor.2024.1376876

08

라이덕 메타볼릭 모델

6~12시간 공복 조건에서 운동 강도별 탄수화물·지방 사용량을 추정



예시 FTP 228 W · AnT 212 W — 라이덕 추정 모델

계산 순서

1 **입력** FTP·TTE 파워커브, 체중·나이·성별

2 **AnT** 파워커브에서 45–85분 지속파워 추정

3 **FATMAX** 0.455×(AnT/실효체중)^0.287·AnT

4 **에너지** W × 3600 ÷ (4184 × GE), GE 0.21–0.245

5 **지방 산화** 실험·문헌 기반 강도별 지방 산화 곡선

6 **탄수화물** 총 소비 에너지 − 지방 사용량 (무산소 용량 포함)

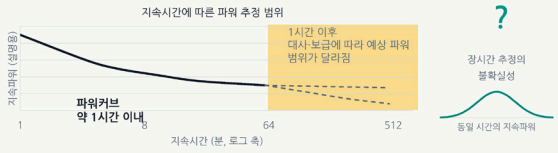
지방 산화량은 장시간 퍼포먼스를 설명하는 변수 중 하나

Maunder et al. (2018). 문헌 종합 doi.org/10.3389/fphys.2018.00599
Maunder et al. (2022). 훈련 남성 17명 연구 doi.org/10.1007/s00421-021-04820-3

09

장거리 퍼포먼스는 파워커브만으로 설명하기 어렵다

1시간 이후에는 글리코겐 잔량과 탄수화물 보급을 함께 계산



파워커브 + 대사 모델 + 탄수화물 보급

그란폰도·트라이애슬론·마라톤의 장거리 페이스와 보급 전략

Maunder et al. (2021). Durability pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33886100
설명용 개념도 · 실측 파워 데이터 아님

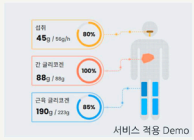
10

탄수화물 보급량과 글리코겐 저장량

얼마나 저장하고, 운동 중 얼마나 보급할 수 있을까?

구분	문헌 기준·결과	모델에 반영한 점
섭취 기준	장시간 운동 60~90 g/h 다중 수송 탄수화물 사용	운동 강도·시간 위장 내성에 따라 조정
고탄수화물 섭취 연구	120 g/h 섭취 연구도 있음 추가 글리코겐 절약은 미확인	먹는 양과 실제 산화량은 다르게 계산
체내 저장량	근육 400 g · 간 100 g 문헌상 대표값, 개인차 존재	근육량·식사·훈련·공복에 따라 시작 저장량 추정

문헌 기반 초기 모델 · 메타볼릭 테스트 36명 데이터 적용
실제 근육 글리코겐 측정으로 검증 실험 필요



개인별 저장량 추정값 (메타볼릭 테스트 36명)



근육 = 활성근 질량 × (30 + 1.54·V̇O₂max) mmol/kg
간 = 체중 × 2.5% × 270 mmol/kg · 혈중 포도당 15 g

Jeukendrup (2014). 섭취 기준 doi.org/10.1007/s40279-014-0148-z
Podlogar et al. (2022). 90 vs. 120 g/h doi.org/10.1007/s00421-022-05019-w
Hearris et al. (2018). 글리코겐 저장 doi.org/10.3390/nu10030298

11

탄수화물 부족과 봉킹, 그리고 장기적인 영향

한 번의 고갈과 반복적인 에너지를 구분하여 분석

운동 중 글리코겐 부족

연료·혈당이 부족해지면
목표 파워 유지가 어려워지고
봉킹·중추 피로가 나타날 수 있음

반복적인 연료 부족의 영향

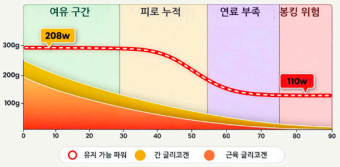
에너지 부족이 반복되면
골 대사와 회복에 영향 가능
골 스트레스 손상과 연관성 보고

연구 근거	연구 결과와 해석 범위
Nybo (2003) 실험 연구	저혈당 조건에서 중추 활성 저하 급성 고갈 시 수행·집중력 저하
Heikura et al. (2018) 엘리트 장거리 선수	저에너지 지표가 있는 선수군 골 부상 발생 약 4.5배
Barrack et al. (2014) 선향 코호트	위험요인이 겹칠수록 골 스트레스 손상 15–20% → 30–50%
Fensham et al. (2022) 6일 중재 연구	탄수화물 제한 시 골 형성 지표 저하 6일 중재 연구에서 관찰
Raleigh et al. (2024) 선수 설문 연구	중복 훈련 습관과 골 손상 발생 약 1.61배의 연관성

Nybo 2003 doi.org/10.1249/01.MSS.0000058433.85789.66 · Heikura 2018 doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0313
Barrack 2014 doi.org/10.1177/0363546513520295 · Fensham 2022 doi.org/10.1002/jbmr.4658
Raleigh 2024 doi.org/10.1002/ejsc.12170 · 건강 위험과의 연관성이며, 부상 발생의 인과관계는 미확인

장거리 페이스와 탄수화물 보급 시뮬레이션

운동 강도·글리코겐 잔량·보급량으로 후반 파워를 추정
예시: FTP 250 W·70 kg · 카보로딩 가정(근육 335 g + 간 158 g)



장시간 파워 저하

탄수화물 30 g/h 보급 시
6시간 뒤 250 → 199 W (추정)

글리코겐 부족 구간

근육 글리코겐 30% 미만
모델상 약 5.7시간 시점

반복적인 연료 부족

연료 부족이 반복되면
피로·회복 지연 가능성 점검
실제 RPE·기록으로 검증 예정

목표 페이스와 탄수화물 보급량을 함께 계산

Rapoport (2010). 연료-페이스 모델. doi.org/10.1371/journal.pcbi.1000960

설악그란폰도 이동시간 예측 모델 검증

2024년 참가자 2,230명 중 정제된 2,005명 기록 분석

1. **입력** 대회 전 라이딩 추정 FTP·체중 · 204.8 km / 3,666 m
2. **계산** 코스의 층역·구름·공기저항을 반영해 이동시간 추정
3. **비교** 예측값과 실제 이동시간 비교 (경쟁 계외)
4. **보정** 948명 기록으로 5개 파라미터 조정
5. **검증** 학습에 쓰지 않은 421명 + 메디오 636명

예측 이동시간과 실제 기록 (보정 후)



평균오차: 보정 전 → 후

	그란폰도	후	메디오 전	후
평균 오차 %	6.2	5.9	8.1	7.2
±10% 이내	81%	84%	68%	73%
편향 (분)	+6	-3	+10	+6

모델 보정 결과
평균 유지되는 FTP의 약 66%
CdA 0.20(허한) · 그룹 주행 영향 가능
개인별 오차 범위가 커 추가 검증 필요

FTP·체중·코스로 예측한 이동시간: 그란폰도 평균 오차 5.9%, 메디오 7.2%

정차시간을 제외한 이동시간 · 보급·휴식은 조건으로 가정 · 학습에 쓰지 않은 그란폰도 421명과 메디오 636명으로 검증

실제 운동 데이터로 개인별 모델을 고도화

스트라바·가민 등 실제 라이딩 기록과 대사 실험을 연결

현재 확보한 데이터

6.7만 명
라이딩 회원 · Strava·Garmin 연동

1,487만 건
라이딩 기록 · 약 70%는 1초 단위 데이터

파워 검증
파워미터 오차·가상파워 데이터 검사

39명
Alto Velo 젝타블릭 정상 테스트 (2026-08)

다음 단계

기기·플랫폼 데이터 연동 확대
더 많은 장거리 라이딩 기록을 확보해
개인별 파워·대사·보급 모델 개선



RIDUCK / 마무리

1. 엘리트 중심에서 일반인 중심으로
엘리트 선수에 편향된 운동 모델을 일반인도 활용할 수 있도록 개선

2. 복잡한 운동 데이터를 누구나 쉽게
어려운 운동 지표를 개인에 맞게 해석하고 이해하기 쉽게 전달

웨어러블 데이터를 기반으로 개인의 에너지 소비와 대사를 추적하고 관리하는 피트니스 서비스로 발전시켜 나갑니다.

라이덕 주식회사 대표 박상혁
park@riduck.com

부록 A1 · 서비스 데이터 수집과 분석 구조

실제 서비스의 데이터 흐름 · 연구 분석은 운영 DB 복제본에서 별도 수행

데이터 수집
Strava 웹훅 → 라이딩·1초 단위 데이터
Garmin → 활동·FIT·수면·HRV
실내 앱(Zwift 등) → Strava 연동
사용자 입력: 체중·나이·성별·검사 결과

→

저장·전처리
1초 단위 데이터 S3: 2,298만 객체·1,168 GB
Aurora MySQL: 라이딩 1,487만 건
시간축 정리(누락값 처리·10초 미만 끊김 보정)

→

분석 엔진 (PHP)
① 라이딩별 23구간 최고파워 ·NP·TSS·FTP 근거
② 최근 85일: 파워커브 → FTP·TTE → 대사 → 훈련 부하
파워미터 선회도 검증·가상파워 검출

→

사용자 제공
Riduck v2 API (24개 모듈, JWT)
앱·웹: 파워커브·대사·연료 차트
Strava 활동 설명 요약(선택)

연구 데이터 처리
운영 DB를 2주마다 복제 → 읽기 전용 추출 → 회원·활동 ID 해시 처리 → 비식별 집계 분석
이번 분석: 600일간 23,367명·549만 건(2026-10-03 복제본) · 5분 290–310 W 2,543명 · Alto Velo 테스트 39명

부록 A2 · 파워 데이터 신뢰도 검증

파워미터 오류와 가상파워를 걸러내기 위한 3단계 검증

① 파워미터 교차검정
업힐 기록에서 역산한 파워와 측정 파워 비교
업힐 2,581개 재현: 오차 중앙값 +0.48%
판정: 정상 1,398 · 부정확 576 · 판정불가 1,364
비정상적인 최고파워에는 기기 오차가 포함될 수 있음

② 가상파워 구분
속도 기반 가상파워는 역산값과 일치해 별도 검증 필요
파워-속도 상관 ≥0.85 등 6개 기준 활용
후보 4,463건 검사 → 30개 활동·46개 기록 제외

③ 비정상 피크·실내외 구분
지속시간별 생리적 상한 초과 기록 제외
실내 가상 라이딩과 실외 최고파워를 따로 집계
실외 파워미터 기록에만 시간축 보정 적용

체중을 4 kg 수정하면 업힐 역산 파워 오차가 약 5%p 변함 — 체중 입력 정확도가 중요

A2

부록 A3 · W/kg와 파워 지속능력의 관계

W/kg 분류와 파워 유지 비율을 서로 다른 기간에서 측정해 편향을 줄임

이전 6개월 5분 W/kg	인원	60/5 p10	60/5 중앙값	60/5 p90	60/20 중앙값
1.5-2.5	1,201	0.549	**0.673**	0.798	0.837
2.5-3.0	2,173	0.577	**0.687**	0.795	0.844
3.0-3.5	4,008	0.598	**0.700**	0.795	0.853
3.5-4.0	4,631	0.612	**0.707**	0.799	0.860
4.0-4.5	4,008	0.622	**0.711**	0.796	0.863
4.5-5.0	2,756	0.627	**0.714**	0.800	0.865
5.0-5.5	1,525	0.628	**0.715**	0.791	0.866
5.5 이상	987	0.633	**0.714**	0.796	0.862

상관계수 r (95% CI)
같은 기록 · 같은 기간
0.02
일반 기록 · 기간 분리
+0.12
최대노력 기록 · 같은 테스트
-0.04
최대노력 기록 · 다른 테스트
+0.14 (0.03–0.26)

최대노력 테스트 282명 · 20분 테스트/램프 MAP · W/kg 분류는 30일 이상 차이 나는 다른 램프 테스트 사용
W/kg 3개 그룹의 중앙값: 0.763 → 0.780 → 0.791 · 하위 10%: 0.667 → 0.699 → 0.721
서버스 DB 2026-10-03 복제본 · 측정 기간 최근 90일, 분류 기간 이전 91–270일 · 60분 기록은 최대노력 여부의 영향

A3

부록 A4 · 라이덕 모델의 계산 원리

운동 기록과 개인별 특성을 이용해 퍼포먼스·대사·보급을 단계별로 추정

구성	계산 원리
파워커브	실제 최고파워 기록을 W/kg 통계 분포와 비교해 지속시간별 파워 추정
개인별 특성 보정	체중·나이·성별 등 기본 정보에 따라 개인별 계산 조건 보정
FTP · TTE	파워커브와 개인의 파워 지속능력을 반영해 FTP와 유지시간 추정
AnT	장시간 유지 가능한 파워 구간을 바탕으로 무산소성 역치 추정
FatMax	AnT·체중 등 퍼포먼스 특성을 반영해 최대 지방 산화 강도 추정
에너지 소비	파워와 운동 효율을 이용해 시간당 에너지 소비량 계산
탄수화물·지방 대사	운동 강도별 연료 사용량과 고강도 무산소성 해당의 기여 추정
보급·글리코겐	근육·간 저장량과 탄수화물 보급 조건을 적용해 연료 잔량 추정

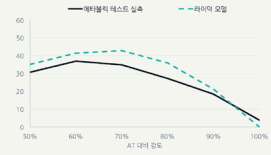
대사·글리코겐 계산에는 문헌 기반 가정이 포함되며, 개인별 실측 데이터로 추가 검증·보정 중

A4

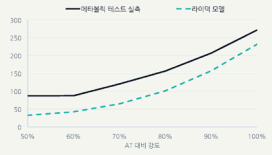
부록 A5 · 메타볼릭 실측값과 모델 추정값 비교

Alto Velo (2026-08) · 테스트 39명, 모델 비교 36명 · AT 대비 강도별 중앙값 (g/h)

지방 산화



탄수화물 산화



비교 지표 (중앙값)	메타볼릭 테스트	라이덕 추정값	해석
FatMax 위치 (% AT)	61.5%	66.8%	모델이 약간 높은 강도에 둠
FatMax 지방 산화 (g/h)	50.9	43.5	대체로 비슷한 범위
저·중강도 탄수화물	87-120 g/h	33-65 g/h	개인차이 크게 발생 · 기기 차이 오류 · 테스트 프로토콜 점검 필요

A5

부록 A6 · 분석 방법과 한계

실측과 추정 결과를 해석할 때 확인할 사항

분석 데이터
Alto Velo·실악 참가자: 연구자료 활용 동의 및 비식별 처리
서버스 데이터: 복제본에서 식별자 해시 처리 후 집계 · W/kg 분류와 측정 기간 분리
600일 데이터(23,367명)는 테스트 경험자 중심이라 전체 사용자 대표성 제한
여성 버종이 낮음 (2,543명 중 22명)

측정의 한계
최고파워는 최대노력 여부에 영향 · 60분 전력 기록이 없으면 값이 낮게 나옴
Alto Velo 39명 1회 측정 · 기기 파워 미검증 · 체지방 미측정
실외 파워는 체중 입력·바람·드래프팅에 영향받음

모델의 한계
W/kg와 지속비율의 약한 상관(r=0.12~0.14) 관찰 · 나이·성별 보정값은 가정
흡수·간 방출 등 연료 관련 파라미터는 주로 문헌의 초기값
봉징·부상 확률은 아직 신출하지 않음 (검증 근거 부족)

다음 검증
구간별 파워·심박·탄수화물 보급 기록으로 개인별 오차 축소
학습에 쓰지 않은 참가자·다른 대회에서 반복 검증
메타볼릭 테스트 반복 측정과 검사 결과로 개인별 대사 보정

A6

부록 A7 · 설악그란폰도 모델 검증 상세

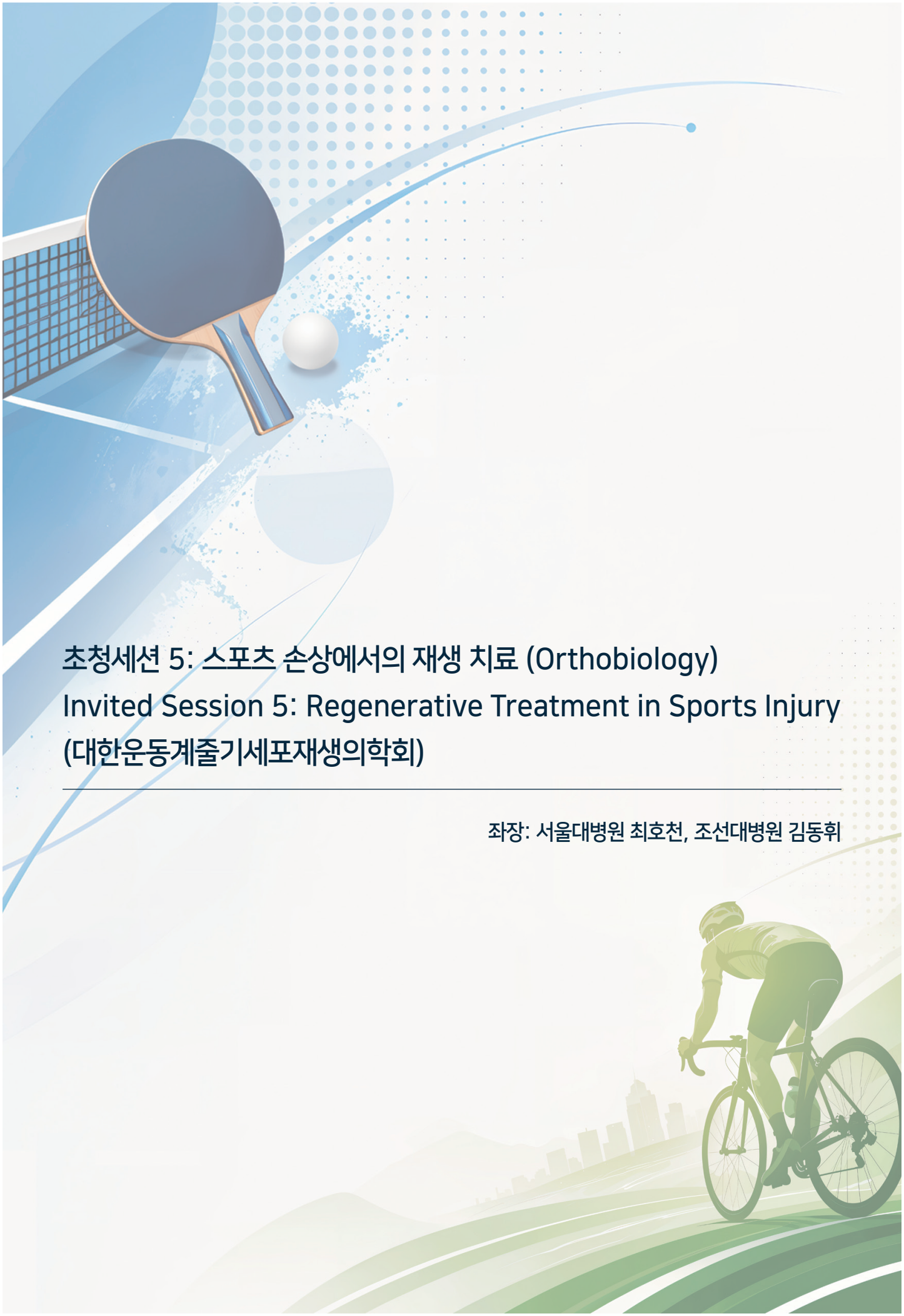
2024년 5월 18일 · 2,230명 중 기록 2,005명 정제(완주·거리·기기 이상 기준)

파라미터	탐색 범위	보정 전	보정 후
유지 파워 c (×FTP)	0.55-1	0.70	**0.663**
시간 감쇠 b	0-0.3	0.00	**0.010**
오르막 및 계수 a	0.8-1.1	1.00	**0.931**
CdA (m²)	0.2-0.5	0.32	**0.201**
Crr	0.003-0.008	0.005	**0.0069**

모델
$\dot{E}(T) = \alpha \cdot m \cdot g \cdot v(\theta + Crr \cdot m \cdot g \cdot D + \tfrac{1}{2} \cdot \rho \cdot CdA \cdot (D/T)^2 \cdot D$
$P(T) = FTP \cdot c(0 \cdot (T / 1h)^{-b}), \quad E(T) = P(T) \cdot T$ 를 풀어 T
m = 체중 + 9 kg · 고스 상수(기각 학고 광광값) · 손실 = 평균 (log(예측/실측))
같은 탄주시간을 만드는 조합이 여러 개라 개별 값의 생리적 해석은 제한적 (CdA는 체형에 넓음)

구분	n	MAPE %	중앙 APE %	±10% 이내	편향 분	95% LoA 분	r
학습(그란 70%) · 전	948	6.06	4.97	83.5%	+6.2	−77.4 ~ +89.8	0.63
학습(그란 70%) · 후	948	5.80	4.61	86.1%	−1.8	−87.7 ~ +84	0.64
홀드아웃(그란 30%) · 전	421	6.21	4.95	81.2%	+5.7	−77.3 ~ +88.8	0.63
홀드아웃(그란 30%) · 후	421	5.85	4.91	83.6%	−2.9	−87.6 ~ +81.7	0.64
미디오(다른 코스) · 전	636	8.06	6.54	67.9%	+9.9	−40.4 ~ +60.1	0.67
미디오(다른 코스) · 후	636	7.24	5.59	72.6%	+5.6	−45.6 ~ +56.7	0.69

A7



초청세션 5: 스포츠 손상에서의 재생 치료 (Orthobiology)

Invited Session 5: Regenerative Treatment in Sports Injury

(대한운동계줄기세포재생의학회)

좌장: 서울대병원 최호천, 조선대병원 김동휘

김형석

학력

가톨릭대학교 의학과 학사

가톨릭대학교 의학대학원 의학과 석사, 박사

주요 경력

대한견주관절 학회 정회원(Active member) 및 학술, 편집, 국제 우원회 위원

대한관절경학회 학술, 국제위원회 위원

대한정형외과초음파 학회 전산홍보위원회 간사, 보험, 편집위원회 위원

대한운동계줄기세포제생의학회 학술,편집 위원회 위원

대한정형외과스포츠의학회 전산홍보위원회 위원

현재 소속 및 직위

가톨릭대학교 은평성모병원 정형외과 조교수

대표논문

1. Kim, H., Jung, Y., Song, H.S. Outcomes and retear rates after subacromial and glenohumeral injection of a chitosan-based thermosensitive anti-adhesive agent during arthroscopic rotator cuff repair: a propensity score-matched analysis. Clin Shoulder Elb. 2026;29(3):316-326.
2. Kim, H., Cho, Y.S., Jung, Y., Song, H.S. Effect of Porcine-Derived Absorbable Patch-Type Atelocollagen for Arthroscopic Rotator Cuff Repair: A Prospective Randomized Controlled Trial. Am J Sports Med. 2024;52(6):1439-1448.
3. Kim, H., Park, S.B., Song, H.S. A Propensity Score-Matched Comparison Between Knotless Layer-by-Layer and En Masse Suture Bridge Techniques for Delaminated Rotator Cuff Tears. Am J Sports Med. 2022;50(8):2219-2226.

어깨 관절 스포츠손상에서의 재생 치료

은평성모병원

김형석

서론

회전근개 질환은 스포츠 활동과 일상생활에서 흔히 발생하는 견관절 통증 및 기능 저하의 원인이다. 회전근개 건은 혈류와 재생 능력이 제한적이며, 파열 후 봉합하더라도 정상적인 건-골 부착부(enthesis)가 완전히 재현되기보다는 섬유성 반흔 조직을 통해 치유되는 경우가 많다. 따라서 봉합 기법과 고정 재료의 발전에도 불구하고 재파열 및 불완전 치유는 여전히 중요한 임상적 문제이다. 재생치료(regenerative treatment)는 세포, 성장인자, 생체재료 등을 활용하여 손상된 건의 치유 환경을 개선하는 접근법으로, 비수술적 주사치료와 수술 중 생물학적 보강(biologic augmentation)으로 구분할 수 있다. 다만 통증 및 기능의 개선이 반드시 영상학적 건 치유나 재파열 감소를 의미하지는 않으므로 결과를 분리하여 해석해야 한다.(1)

1. 혈소판 풍부 혈장(platelet-rich plasma, PRP)

PRP는 자가혈액을 원심분리하여 혈소판을 농축한 제제로, platelet-derived growth factor, transforming growth factor-β 등 다양한 성장인자를 함유한다. 백혈구 함량에 따라 leukocyte-rich PRP(LR-PRP)와 leukocyte-poor PRP(LP-PRP)로 구분되며, 제조 과정과 주입 위치, 투여 횟수에 따라 생물학적 특성이 달라질 수 있다. 이러한 이질성은 연구 결과가 일치하지 않는 중요한 원인 중 하나이다.(2,3)

비수술적 치료에서 Rossi 등은 보존적 치료에 반응하지 않은 회전근개 건병증 및 부분층 파열 환자 150명을 대상으로 견봉하 LR-PRP 주사 후 결과를 평가하였다. 양 군 모두 통증과 기능의 개선을 보였지만, 12개월에 실질적인 임상적 이득을 얻은 비율은 건병증군 94%, 부분층 파열군 49%로 차이가 있었다. 다만 대조 주사군이 없는 전향적 코호트 연구이므로 개선을 PRP의 독립적인 효과로 단정하기 어렵다.(2) 최근 젊은 생활체육인 61명을 대상으로 한 비교연구에서는 PRP와 재활을 병행한 군에서 재활 단독군보다 6개월 기능 점수와 스포츠 복귀율이 높았으나, 환자 선호에 따른 군 배정으로 선택 편향의 가능성이 있다.(4)

수술 중 PRP 보강에 관한 근거는 더욱 신중하게 해석해야 한다. Yao 등의 3군 무작위시험에서는 회전근개 봉합 후 LR-PRP, LP-PRP 및 대조군을 비교하였고, 12개월 기능 및 재파열률에서 유의한 차이가 없었다. LR-PRP군의 일부 초기 기능 점수 개선은 관찰되었으나 지속적인 임상적 우월성은 입증되지 않았다.(3) 또한 PRP 관련 무작위시험 47편을 분석한 체계적 문헌고찰에서는 연구에 사용된 제품 제조사와

직접적인 산업계 연관성이 있는 연구가 긍정적 결과를 보고할 가능성이 더 높았다. 따라서 임상 적용 시 제제의 표준화와 이해상충 여부를 함께 검토할 필요가 있다.(5)

2. Polydeoxyribonucleotide(PDRN)

PDRN은 DNA 유래 중합체로, adenosine A2A 수용체 활성화 및 혈관내피성장인자 발현 증가와 연관된 조직 회복 효과가 제안되어 왔다. Yoon 등의 후향적 비교연구에서는 만성 극상건 건병증 또는 작은 부분층 파열 환자에서 PDRN 주사군이 보존적 치료 지속군보다 통증 및 주관적 장애 지표에서 개선을 보였다. 반면 근력, 관절운동범위 및 초음파상 파열 크기에는 유의한 차이가 없었다.(6) 이는 증상 완화 가능성과 구조적 재생 효과를 구분해야 함을 보여준다. 연구 설계상 비무작위 배정과 비교적 짧은 추시기간이라는 한계가 있어 PDRN을 회전근개 건 재생의 확립된 치료로 간주하기는 어렵다.

3. 아텔로콜라겐(atelocollagen)

아텔로콜라겐은 콜라겐의 말단 텔로펩타이드를 제거하여 면역원성을 낮춘 생체재료로, 손상 조직에 세포외기질 지지체(scaffold)를 제공할 가능성이 있다. 토끼 만성 회전근개 파열 모델에서 Han 등은 생리식염수, PDRN, 아텔로콜라겐을 봉합 부위에 적용하여 비교하였다. 아텔로콜라겐군은 12주 조직학적 검사에서 콜라겐 배열과 섬유연골 형성이 더 양호하였고, 파단 하중도 다른 군보다 높았다.(7) 그러나 동물실험에서 확인된 조직학적·생역학적 효과를 임상 환자의 재파열 감소로 직접 일반화할 수는 없다. 임상적 유효성은 제품 형태, 적용 부위, 파열의 만성도에 따른 대조시험으로 추가 검증되어야 한다.(1,7)

4. 골수 유래 생물학적 보강

골수 자극술(bone marrow stimulation, BMS)은 회전근개 부착부에 다수의 작은 골수 통로를 형성하여 출혈, 성장인자 및 골수 유래 세포가 봉합 부위로 유입되도록 유도한다. 이른바 crimson duvet 기법을 포함하며, 별도의 고가 제제 없이 시행할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 7개 무작위시험, 총 638명을 분석한 Pang 등의 메타분석에서는 BMS 병행군과 단독 봉합군 사이에 재파열률, Constant 점수, ASES 점수, 통증 및 합병증에서 유의한 차이가 확인되지 않았다.(8) 따라서 모든 봉합술에서 일률적으로 BMS를 시행해야 한다는 근거는 부족하다.

농축 골수흡인액(concentrated bone marrow aspirate, cBMA)은 골수 유래 전구세포 및 성장인자를 봉합 부위에 전달하는 방법이다. Cole 등의 무작위시험에서 1-3cm 극상건 파열 환자 91명을 대상으로 cBMA 보강을 비교한 결과, 1년 MRI상 재파열 소견은 대조군 57%, cBMA군 18%로 차이가 있었지만, 2년 임상 점수 및 치료 실패율은 유의하게 개선되지 않았다.(9) 이는 구조적 치유 향상이 단기간 환자 보고 결과의 개선과 일치하지 않을 수 있음을 보여준다. 골수 채취에 따른 추가 침습성과 비용, 장기 효과도 고려해야 한다.

5. 임상 적용 시 고려사항

재생치료의 적응증은 파열의 크기와 만성도, 건의 퇴행 정도, 지방변성, 환자의 연령과 활동 수준, 동반질환 및 기존 치료 반응을 함께 고려하여 판단해야 한다. 비수술적 주사치료는 통증 감소와 재활 참여를 돕는 보조적 치료로 검토할 수 있지만, 구조적 파열을 복원한다는 설명은 현재 근거를 넘어설 수 있다. 수술 중 보강 역시 봉합 장력과 고정 안정성, 충분한 가동화 및 적절한 재활을 대체하지 못한다. 특히 연구를 해석할 때에는 통증·기능 점수와 영상학적 치유, 재수술, 스포츠 복귀를 별개의 평가변수로 확인해야 한다. PRP의 백혈구 함량, BMS의 천공 방식, 생체재료의 제형 등 기술적 차이도 결과 비교를 어렵게 한다.(1,3,5,8,9)

결론

회전근개 질환에 대한 재생치료는 건 치유의 생물학적 한계를 극복하기 위한 유망한 전략이지만, 제제별 임상 근거는 아직 균일하지 않다. PRP와 PDRN은 일부 환자에서 증상 개선 가능성이 보고되었으나 구조적 재생 효과는 불확실하며, 아텔로콜라겐은 전임상 결과와 임상 효과를 구분해야 한다. BMS는 무작위시험 메타분석에서 일관된 이득을 입증하지 못했고, cBMA는 영상학적 치유 개선에도 불구하고 단기 임상적 우월성이 확인되지 않았다. 현재로서는 표준적인 보존적 치료 및 견고한 봉합술을 기본으로 하되, 재생치료는 환자 특성과 근거 수준을 고려하여 선택적으로 적용하는 것이 합리적이다.

참고문헌

1. 박상은, 지종훈, 전현식. 회전근개 건 재생. 대한정형외과학회지. 2023;58:365-373.
2. Rossi LA, et al. Subacromial platelet-rich plasma injections produce significantly worse improvement in functional outcomes in patients with partial supraspinatus tears than in patients with isolated tendinopathy. Arthroscopy. 2023;39:2000-2008.
3. Yao L, et al. Platelet-rich plasma for arthroscopic rotator cuff repair: a 3-arm randomized controlled trial. Am J Sports Med. 2024;52:3495-3504.
4. Nair AV, et al. Platelet-rich plasma as an adjunct to rehabilitation for partial rotator cuff tears in recreational athletes: a comparative study. J Orthop Case Rep. 2026;16:611-618.
5. Kotlier JL, et al. Studies with direct industry affiliation are more likely to report positive results in randomized controlled trials for platelet-rich plasma use in rotator cuff tears: a systematic review. Arthroscopy. 2025;41:837-847.
6. Yoon YC, et al. Polydeoxyribonucleotide injection in the treatment of chronic supraspinatus tendinopathy: a case-controlled, retrospective, comparative study with 6-month follow-up. Arch Phys Med Rehabil. 2017;98:874-880.
7. Han J, et al. Atelocollagen improves bone-to-tendon interface healing in a rabbit model of chronic rotator cuff tear compared with polydeoxyribonucleotide. Clin Orthop Surg. 2026;18:167-175.
8. Pang L, et al. Bone marrow stimulation does not lead to lower retear rates, better functional outcomes, or higher complication rates at short-term follow-up for arthroscopic rotator cuff repair: a meta-analysis of randomized controlled trials. Arthroscopy. 2024;40:1453-1472.
9. Cole BJ, et al. Prospective randomized trial of biologic augmentation with bone marrow aspirate concentrate in patients undergoing arthroscopic rotator cuff repair. Am J Sports Med. 2023;51:1234-1242.

이동환

학력

가톨릭대학교 의학과 학사

가톨릭대학교 의과대학원 정형외과학 석사

가톨릭대학교 의과대학원 정형외과학 박사

주요 경력

현 대한슬관절학회 보험위원회 간사

현 대한관절경학회 홍보전산위원

현 대한운동계줄기세포재생의학회 학술위원

현 대한정형외과연구학회 학술위원

현 대한연골 및 골관절염학회 학술위원

현재 소속 및 직위

가톨릭 중앙의료원 여의도 성모병원 정형외과 조교수

대표논문

1. Lee DH, Kim YH, Baek J, Kim SA, Kim SJ. Femoral anteversion linked to the inability to squat: Analysis of CT images in the patient and control groups. Medicine(Baltimore). 2024;103(23):e38411. doi:10.1097/MD.0000000000038411
2. Lee DH, Kim SA, Song JS, Shetty AA, Kim BH, Kim SJ. Cartilage Regeneration Using Human Umbilical Cord Blood Derived Mesenchymal Stem Cells: A Systematic Review and Meta-Analysis. Medicina (Kaunas). 2022;58(12):1801. doi:10.3390/medicina58121801
3. Lee DH, Kwak DS, Kim YD, Lee SH, Cho N, Koh IJ. Validation of an Intraoperative Visual Assessment System Based on Bone Mechanical Properties for Selection of Cementless Total Knee Arthroplasty in an Asian Cohort. J Clin Med. 2026;15(4):1405. doi:10.3390/jcm15041405

무릎 관절 연골 스포츠손상에서 재생 치료 제재의 적용

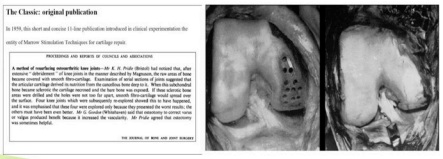
여의도성모병원
이동환

History of cartilage repair



Pridie K. J Bone Joint Surg Br. 1959

The First
Marrow stimulation technique for cartilage repair



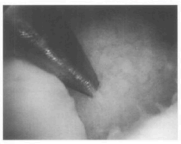
History of cartilage repair

Johnson LL. Arthroscopy. 1986
Abrasion arthroplasty



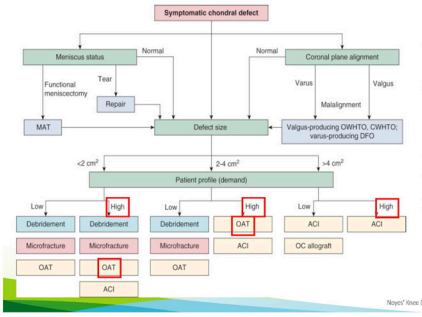
Arthroscopic abrasion arthroplasty historical and pathologic perspective: Present status

MICROFRACTURE TECHNIQUE FOR FULL-THICKNESS CHONDRAL DEFECTS: TECHNIQUE AND CLINICAL RESULTS



Steadman JR, et al. Oper Tech Orthop. 1997
Microfracture: Awl

Cartilge injury: Treatment algorithm 교과서



Athlelte = High demand

OATs 가 적합

ACI 외의 Scaffold를 이용한 연골결손 재생치료는 포함되어 있지 않다.

Noyes' Knee Disorders: Surgery, Rehabilitation, Clinical Outcomes 2016

cartilage repair 재생치료 제제 현재

동종 제대혈유래 중간엽줄기세포
Human Umbilical Cord Blood-derived Mesenchymal Stem Cells (hUCB-MSCs)



자가 녹연골유래 연골세포
Autologous Costal Chondrocyte-derived Chondrocytes (ACI)



Cellular



Acellular



동종 초자연골유래 연골기질
Acellular Human Allogeneic hyaline cartilage-derived ECM

아텔로콜라겐
Atelocollagen scaffold

cartilage repair 재생치료 제제 현재

동종 제대혈유래 중간엽줄기세포
Human Umbilical Cord Blood-derived Mesenchymal Stem Cells (hUCB-MSCs)





동종 초자연골유래 연골기질
Acellular Human Allogeneic hyaline cartilage-derived ECM



자가 녹연골유래 연골세포
Autologous Costal Chondrocyte-derived Chondrocytes (ACI)





아텔로콜라겐
Atelocollagen scaffold

Indication / treatment option: 고려사항

고려해야 할 조건 중 중요한 것만 단순화

1. Age (demand)
2. Defect size
3. OA status

Alignment, Cost 는 제외

+ Sport injury에서의 치료 전략



Autologous Costal Chondrocyte-derived Chondrocytes (CCP-ACI)

Cartilife®

Indication

- 무릎 연골결손 (ICRS grade Ⅲ 또는 Ⅳ, 결손면적 2 ~ 10 cm2)의 치료
- OA 언급 없음. 나이 언급 없음.



용법용량

성인의 무릎 관절 연골 결손 부위에 깊이를 고려하여, 1.5mL 포장단위의 경우 결손 용적 0.5cm^3 당 1개 프리필드시린지(1.0~2.5 x 10^{7}개 세포)를 이식하고, 3.0mL 포장단위의 경우 결손 용적 1cm^3 당 1개 프리필드시린지(2.0~5.0 x 10^{7}개 세포)를 이식하여 투여용량은 다음과 같다.

자가연골유래 연골세포치료제

카티라이프는 퇴행성 또는 반복적 외상에 따른 무릎의 연골결손 치료제입니다.
환자 본인에게서 채취한 조직을 연골세포로 배양시켜 연골결손 부위에 투여하는 방식입니다.

- 효능효과: 무릎 연골결손 (ICRS grade III 또는 IV, 결손면적 2 내지 10 cm2)의 치료
- 용법용량: 결손 용적 1cm3 당 1개 프리필드시린지(2.0~5.0 x 107 개 세포)

제품설명서

Literature Review

- Direct chondrocyte implantation
- costal chondrocyte–derived pellet-type ACI
- RCT: 20 Cartilife vs 10 MFx.
- MRI assessment
  - 19~65 years (41.5 ± 13.0)
  - 2~10-cm2
  - local ICRS 3-4
  - with relatively healthy cartilage adjacent to the defect (ICRS 1-2)
  - joint space width > 50% (KL ≥3 제외)

Clinical

Costal Chondrocyte–Derived Pellet-Type Autologous Chondrocyte Implantation versus Microfracture for Repair of Articular Cartilage Defects: A Prospective Randomized Trial

Kyoung-Ho Yoon[1], Jae Doo Yoo[2], Chong-Hyuk Choi[2], Jungsun Lee[3], Jin-Yeon Lee[3], Sang-Gyun Kim[3], and Jae-Young Park[3]

Yoon et al. 10995

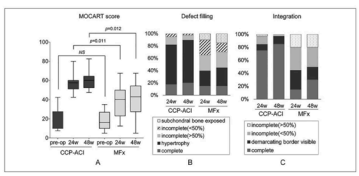


Figure 3. (A) Magnetic resonance observation of cartilage repair tissue (MOCART) scores of the costal chondrocyte-derived pellet-type autologous chondrocyte implantation (CCP-ACI) group and microfracture (MFx) group at baseline, 24 weeks, and 48 weeks after surgery.

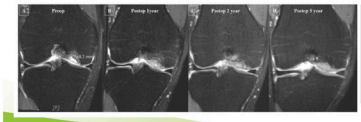
Literature Review

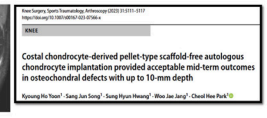
- osteochondral defects (10mm)
- Without bone graft
- 36.5 years (range 20–55)
- 5-year f/u
- Size & depth: 4.25cm^2 (2–6) and 7.0 mm (6–9)
- PROM, MRI 호전, 유지

	Preoperative	1-year postoperative	2-year postoperative	5-year postoperative
IKDC score	35.1 ± 6.2	69.2 ± 10.6*	76.4 ± 12.5*	80.7 ± 11.3*
Lysholm score	37.2 ± 13.9	73.2 ± 15.7*	76.5 ± 19.3*	80.7 ± 11.2*
VAS	57.0 ± 3.8	23.0 ± 5.5*	16.5 ± 4.8*	9.7 ± 2.3*

Table 3 The magnetic resonance observation of cartilage repair tissue (MOCART) 2.0 scores postoperatively

	Postoperative 6 months	Postoperative 1 year	Postoperative 2 years	Postoperative 5 years
Total score	50 (0, 45–65)	50 (13, 35–90)	**57.5 (13, 40–90)***	**65 (11, 50–85)***
Volume of cartilage defect filling	15 (1, 15–20)	15 (1, 15–20)	15 (1, 15–20)	15 (5, 15–20)
Integration into adjacent tissue	15 (1, 10–15)	15 (1, 10–15)	15 (0, 15–15)	15 (0, 15–15)
Surface of the repair tissue	0 (5, 0–10)	0 (1, 0–10)	0 (10, 0–10)	0 (10, 0–10)
Structure of the repair tissue	0 (0, 0–0)	0 (3, 0–10)	0 (10, 0–10)	0 (10, 0–10)
Signal intensity of the repair tissue	10 (0, 10–10)	10 (0, 10–15)	10 (5, 10–15)	**12.5 (5, 10–15)***
Bony defect or bony overgrowth	0 (0, 0–0)	0 (0, 0–0)	0 (0, 0–0)	0 (0, 0–5)
Subchondral changes	10 (0, 10–10)	10 (5, 0–20)	**12.5 (0, 0–20)***	**17.5 (9, 0–20)***





Limet al. et al. Orthop J Sports Med. 2021;9(1):23259671209305

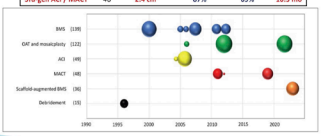
Literature Review: Sport injury

- 축구선수 cartilage injury outcome 비교
- 83% traumatic lesion
- Small to mid size: MFx. / enhanced MFx. / OATs, Large size: ACI 사용 경향을 보임
- MFx. ± scaffold: early RTS, 단기-중기 결과는 좋음.
- ACI: RTS 10개월, clinical improvement가 10년까지 유지
- 서로 다른 병변과 시대, 즉 bias가 큰 연구로 해석은 제한적

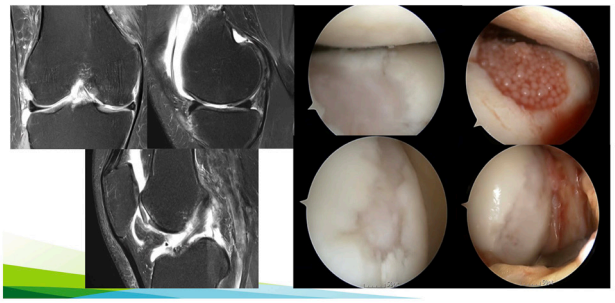
Knee Cartilage Injuries in Football Players: Clinical Outcomes and Return to Sport After Surgical Treatment: A Systematic Review of the Literature

Luca Andriolo, Theodorakys Marín Fermín, Giulia Marcella Maryse Chiet Gaggia, Andrea Serner, Elizaveta Kon, Emmanouil Papadopoulos, Andrew Massey, Peter Verdonk, and Giuseppe Filardo

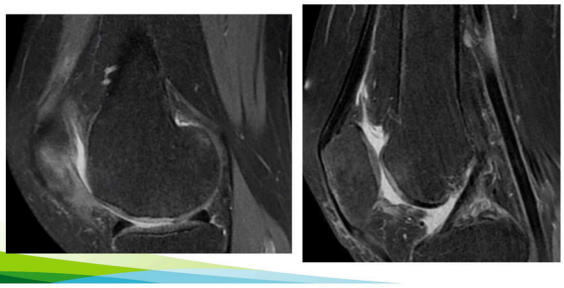
Procedure	N	Mean lesion size	RTS	Same-level RTS	Time to RTS
Debridement	15	1.1 cm^2	100%	100%	2.5 mo
BMS	139	2.8 cm^2	80%	81%	4.6 mo
Scaffold-augmented BMS (collagen 아님)	36	3.0 cm^2	100%	100%	2.5–3 mo
OAT / mosaicplasty	122	2.2 cm^2	89%	67%	6.1 mo
1st-gen ACI	49	5.8 cm^2	33%	33%	18.1 mo
3rd-gen ACI / MACT	48	2.4 cm^2	87%	69%	10.3 mo



Case: F/50 Cartilife (박재영 교수님 case)



Case: 3M f/u MRI



Literature Review

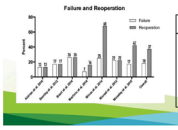
- ACI: 771 patients
- mean age of 33.4 ± 2.5 years
- mean defect size of 5.9 ± 1.6 cm2
- mean follow-up of 11.4 years
- Age & lesion size
  → 실패 & 재수술 risk 증가

Clinical Paper

Long-Term Outcomes after Autologous Chondrocyte Implantation: A Systematic Review at Mean Follow-Up of 11.4 Years

Ayoosh Pareek[1], James L. Carey[2], Patrick J. Reardon[1], Lars Peterson[3], Michael J. Stuart[1], and Aaron J. Krych[1]

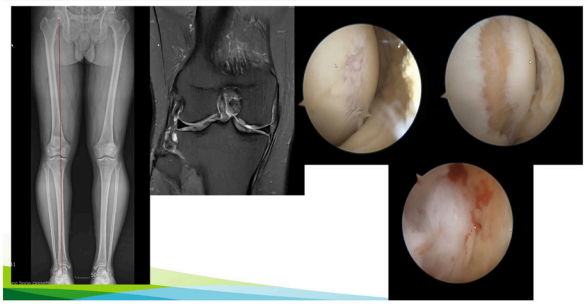
Lesion size cuttoff	<4.5 cm^2	>4.5 cm^2	OR
Failure rate	8.7%	23.8%	3.3
Reoperation rate	10.8%	51.6%	8.8



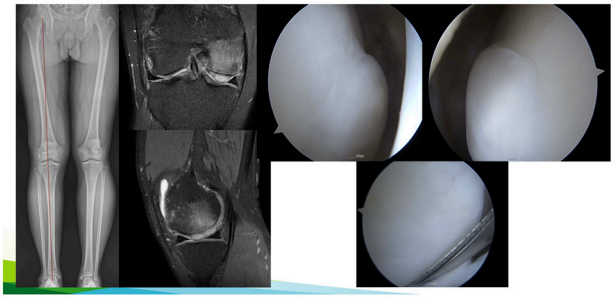
Analysis	Variable	Correlation (r)	Effect size	P value
Failure rate	Mean age	0.149	Very weak	<0.001
	Mean lesion size	0.574	Moderate	<0.001
Reoperation rate	Mean age	0.811	Strong	<0.001
	Mean lesion size	0.974	Strong / very strong	<0.001

Pareek A, et al. Cartilage. 2016;7(4):298-308.

Case: M/50 Cartilife (박재영 교수님-경희대 case)



Case: Hypertrophy



Human Umbilical Cord Blood-derived Mesenchymal Stem Cells (hUCB-MSCs)

Cartistem®

Indication

- For the treatment of knee articular cartilage defects in patients with osteoarthritis (ICRS grade IV) as a result of degenerative disease or repeated trauma
- 퇴행성 또는 **반복적 외상**으로 인한 골관절염 환자(ICRS grade IV)의 무릎 연골 결손 치료
- 제품은 **만성적인 손상에 초점**
- Single stage procedure

1-3. 효능·효과

퇴행성 또는 반복적 외상으로 인한 골관절염 환자(ICRS grade IV)의 무릎 연골 결손 치료

1-4. 용법·용량

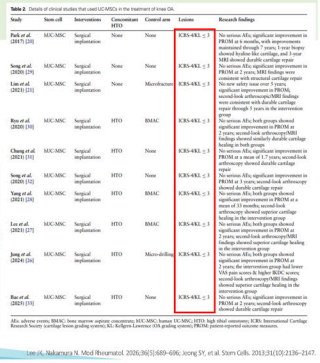
이 약은 병변에 따라 500 uL/ea (2.5X10⁶ cells)를 투여합니다.
이 약의 주성분인 동종 제대혈유래 중간엽줄기세포 1바이알과 희석용 히알루론산나트륨 1바이알을 동일한 비율로 혼합하여 투여합니다.
연골 손상의 크기에 따른 투여용량은 아래와 같습니다.

결손면적	구성용량	투여량
2 ㎠ 이상~3 ㎠ 미만	각 1 바이알	1.0 mL 이상~1.5 mL 미만 (5×10⁶ cells~7.5×10⁶ cells)
3 ㎠ 이상~4 ㎠ 미만		1.5 mL 이상~2.0 mL 미만 (7.5×10⁶ cells~10×10⁶ cells)
4 ㎠ 이상~5 ㎠ 미만	각 2 바이알	2.0 mL 이상~2.5 mL 미만 (10×10⁶ cells~12.5×10⁶ cells)
5 ㎠ 이상~6 ㎠ 미만		2.5 mL 이상~3.0 mL 미만 (12.5×10⁶ cells~15×10⁶ cells)
6 ㎠ 이상~7 ㎠ 미만	각 3 바이알	3.0 mL 이상~3.5 mL 미만 (15×10⁶ cells~17.5×10⁶ cells)
7 ㎠ 이상~8 ㎠ 미만		3.5 mL 이상~4.0 mL 미만 (17.5×10⁶ cells~20×10⁶ cells)
8 ㎠ 이상~9 ㎠ 미만		4.0 mL 이상~4. 5mL 미만 (20×10⁶ cells~22.5×10⁶ cells)
9 ㎠		4.5 mL (22.5×10⁶ cells)

Literature Review

- Mechanism: 주로 **paracrine effect**
- Endogenous MSC의 연골분화 유도
- ICRS4 / KL 3 이하
- Outcome: PROM, 2nd look, MRI



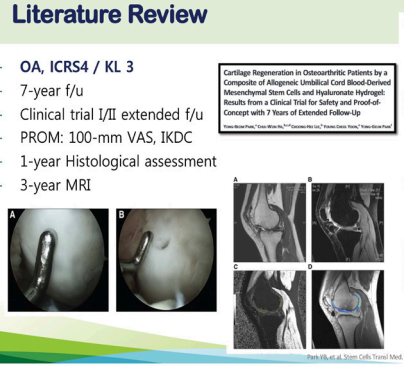


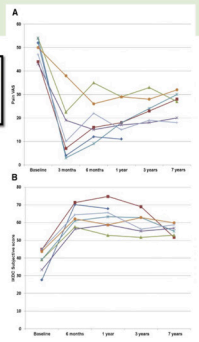
Lee JE, Nakamura N. Mod Rheumatol. 2026;36(5):680-686; Jeong SY, et al. Stem Cells. 2013;31(10):2136-2147.

Literature Review

- **OA, ICRS4 / KL 3**
- 7-year f/u
- Clinical trial I/II extended f/u
- PROM: 100-mm VAS, IKDC
- 1-year Histological assessment
- 3-year MRI

Cartilage Regeneration in Osteoarthritic Patients by a Composite of Allogeneic Umbilical Cord Blood-Derived Mesenchymal Stem Cells and Hyaluronate Hydrogel: Results from a Clinical Trial for Safety and Proof-of-Concept with 7 Years of Extended Follow-Up





Park YB, et al. Stem Cells Transl Med. 2017;6(2):613-621.

Literature Review

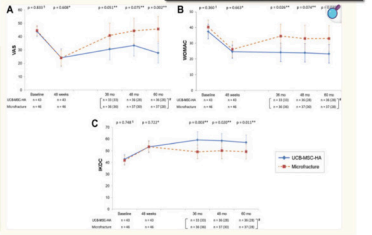
- 5-year f/u, vs microfracture
- KL 3 OA 까지
- 평균 55세

Allogeneic Umbilical Cord Blood–Derived Mesenchymal Stem Cell Implantation Versus Microfracture for Large, Full-Thickness Cartilage Defects in Older Patients

A Multicenter Randomized Clinical Trial and Extended 5-Year Clinical Follow-up

Hong-Chul Lim, MD, Yong-Beom Park, MD, PhD, Chul-Han Ha, MD, PhD, Won J. Cho, MD, MBA, Beom-Koo Lee, MD, Hwa Jae Jeong, MD, Myung-Ku Kim, MD, Seong-il Bin, MD, Chong-Hyuk Choi, MD, Choong Hyeok Choi, MD, Jae-Gyu Yoo, MD, for the Cartilaginous Research Group

Investigation performed at 10 tertiary-care hospitals in the Republic of Korea

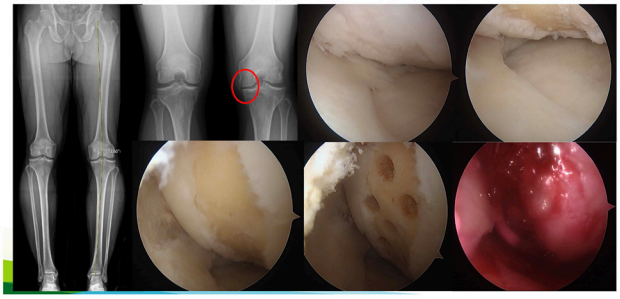


Demographics and Baseline Characteristics of Study Participants*

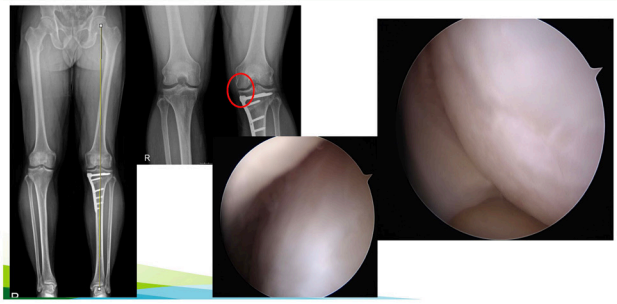
	UCB-MSC-HA (n = 43)	Microfracture (n = 44)	P Value†
Age, y	55.3 ± 8.9	54.4 ± 10.8	.682
Sex			>.999
Male	15 (34.9)	16 (36.8)	
Female	28 (65.1)	30 (65.2)	
Body mass index, kg/m²	25.7 ± 2.8	26.7 ± 3.9	.148
Diagnosis			
Osteoarthritis, K-L grade	41 (95.4)	42 (91.3)	
1	1	0	
2	18	21	
3	22	21	
4	0	0	

Lim HC, et al. Orthop J Sports Med. 2021;9(1):2325967120973052.

Case: M/50 HTO + Cartistem

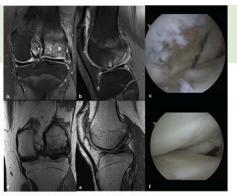


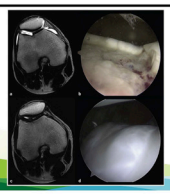
Case: 2-year f/u



Literature Review: Sport injury

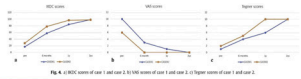
- 17세 남자, 레슬링 선수
- LFC juvenile OCD, Size: **38 × 28 mm**
- 약 12개월부터 major sports activity 재개
- 35개월 second-look arthroscopy에서 ICRS grade 1
- 최종적으로 competitive wrestling 지속





- 16세 남자, 축구선수
- Trochlear juvenile OCD, Size: **27 × 22 mm**
- 약 6개월부터 running, 약 12개월 soccer 복귀
- Tegner activity score 2 → 10
- second-look arthroscopy에서 ICRS grade 1



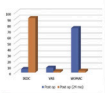


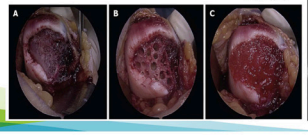
Literature Review: Sport injury

- 15세 남자, Running 중 넘어짐
- Acute patellar dislocation
- MPFL tear 동반
- medial patellar facet의 cartilage defect:
  4.92 cm² (2.04 × 2.41 cm)
- MPFL repair & Cartistem



Repair of a large patellar cartilage defect using human umbilical cord blood-derived mesenchymal stem cells: A case report





Literature Review

- Poor Prognostic Factors 분석
- 평균 55세

<Significant factor>
- Defect size >5.7 cm2
- meniscal function 저하
- postop. Alignment

- 나이, Kissing lesion은 유의한 차이 없음.

New Treatments of Osteoarthritis

Prognostic Factors for Clinical Outcome and Cartilage Regeneration after Implantation of Allogeneic Human Umbilical Cord Blood-Derived Mesenchymal Stem Cells in Large-Sized Cartilage Defects with Osteoarthritis

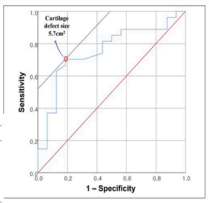
Se-Han Jung[1,2], Min Jung[1,2], Kwangho Chung[1,4], Sungjun Kim[3], Jisoo Park[1,2], Junseok Hong[3], Chong-Hyuk Choi[1,2], and Sung-Hwan Kim[1,2]

Table 1. Demographic Characteristics.

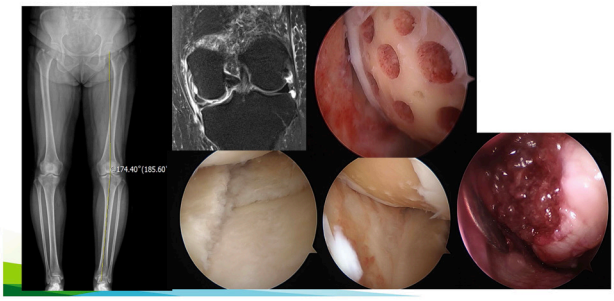
Total Patients	47 Patients
Age (years)	55.3 ± 7.5
Age group	
Age >55	25 (53.2%)
Age <55	22 (46.8%)
Cartilage Defect Profiles	
Main defect size (mm²)	622.5 ± 240.3 (240-1125)
Cartilage defect size >600 mm²	25 (53.2%)
Cartilage defect size <600 mm²	22 (46.8%)
Kissing lesion (n, %)	
Yes	32 (68.1%)
No	15 (31.9%)

Table 4. Association Between Factors and Poor Cartilage Regeneration on MRI.

Factor	Odds Ratio (95% CI)	P-Value
Age >55 years	1.00 (0.89-1.12)	0.968
Postoperative alignment (degrees)	0.67 (0.48-0.96)	0.028*
Defect size (cm²)	1.91 (1.12-3.26)	0.017*
Kissing lesion (+)	1.73 (0.30-9.88)	0.535
Meniscal insufficiency (+)	5.85 (0.88-38.80)	0.067*
Defect size >5.7 cm²	17.46 (1.96-155.74)	0.010*



Case: F/60 HTO + Cartistem



Case: 4-years f/u



Atelocollagen scaffold

Indication

- 제품 허가범위 ≠ 보험 수가 인정범위
- 퇴행성 또는 **반복적 외상**으로 인한 **관절연골 결손**에서 연골세포, 골수 등이 유지되는 것을 보조
- Single stage procedure

자-60-2	N0696	대퇴과 연골손상에 대한 생체재료 사용 개량 미세골절술 Microfracture Enhancement using Biomaterial for Articular Cartilage Injury of Femoral Condyle 주: 다음의 조건을 모두 만족하는 경우 산정한다. ① 15세 이상, 50세 이하의 연령층 ② 급성 또는 반복적 외상(trauma)에 의한 대퇴과(femoral condyle)의 연골손상 ③ 1.5㎠ 이상 4㎠ 이하의 병변 크기 ④ Outerbridge IV의 연골손상에 해당되는 경우



- 품목명: 조직수복용생체재료
- 구분: 의료기기
- 사용목적: 관절연골결손 부위에 자기유래연골세포이식술 또는 골수자극술 시 연골세포 및 골수 등이 위치하는 것을 보조하기 위하여 사용
- 모델명: CartiFill(카티필) 301/303/306, CartiFill(카티필) 601/603/606

Literature Review

- AMIC: collagen membrane
- 현재 **Collagen gel + fibrin glue**
- Cell free Type I Atelocollagen

- "Super clot"을 결손부에 유지
- Chodnrogenic differentiation 촉진







Review article

Autologous collagen induced chondrogenesis (ACIC: Shetty–Kim technique) – A matrix based acellular single stage arthroscopic cartilage repair technique

Asode Ananthram Shetty[a], Seok Jung Kim[b,*], Vishvas Shetty[c], Jae Deog Jang[d], Sung Woo Huh[b], Dong Hwan Lee[b]

Shetty AA, et al. J Clin Orthop Trauma. 2016;7(3):164-169.

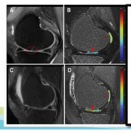
Literature Review

[Inclusion criteria]

- Age 15 to 65 years
- Cartilage defect ICRS III, IV
- With OA or traumatic arthritis
- Misalignment 없거나 교정수술 진행

- 평균 50세
- 대부분 KL 3이하 OA
- 1년 MOCART 우월
- 1,2년 PROM 우월
- Size 따른 PROM 차이 없음

	Control group (n = 44)	Investigational group (n = 45)
Age, yr	51.75 ± 8.10 (24 to 63)	48.91 ± 10.22 (22 to 65)
< 50	13 (29.55)	18 (40.00)
≥ 50	31 (70.45)	27 (60.00)
Sex, F/M	35/9	33/12
Diagnostic classification		
TA	5 (11.36)	4 (8.89)
OA	39 (88.64)	41 (91.11)
Kellgren-Lawrence grade in OA		
Grade 1	5 (11.36)	10 (22.22)
Grade 2	18 (40.91)	16 (35.56)
Grade 3	14 (31.82)	12 (26.67)
Grade 4	2 (4.55)	3 (6.67)
Defect size, cm^2	4.67±2.54 (1.13 to 12.75)	3.98±1.94 (1.50 to 9.42)
>4 cm^2	24 (54.55)	27 (60.00)
≤4 cm^2	20 (45.45)	18 (40.00)
ICRS grade		
Grade III	11 (25.00)	12 (26.67)
Grade IV	33 (75.00)	33 (73.33)



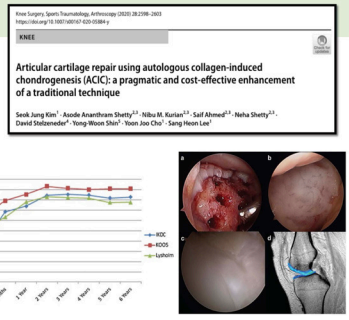
Microfractures Versus a Porcine-Derived Collagen-Augmented Chondrogenesis Technique for Treating Knee Cartilage Defects: A Multicenter Randomized Controlled Trial

Man Soo Kim, M.D., Churl Hong Chun, M.D., Ph.D., Joon Ho Wang, M.D., Ph.D., Jin Goo Kim, M.D., Ph.D., Seung-Baik Kang, M.D., Ph.D., Jae Doo Yoo, M.D., Ph.D., Je-Gyun Chon, M.D., Myung Ku Kim, M.D., Ph.D., Chan Woong Moon, M.D., Ph.D., Chong Bum Chang, M.D., Ph.D., In Soo Song, M.D., Jeong Ku Ha, M.D., Ph.D., Nam Yong Choi, M.D., Ph.D., and Yong In, M.D., Ph.D.

Literature Review

- ACIC: 30 patients case series
- 6-year f/u
- Mean age 39.0 (19~61)
- Size 2-8 cm^2
- Generalized OA는 제외
- Malalignment 제외

- PROM 호전 6년 유지
- 3년 추시 MRI 호전 유지



Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy (2020) 28:2598–2603
https://doi.org/10.1007/s00167-020-05884-y

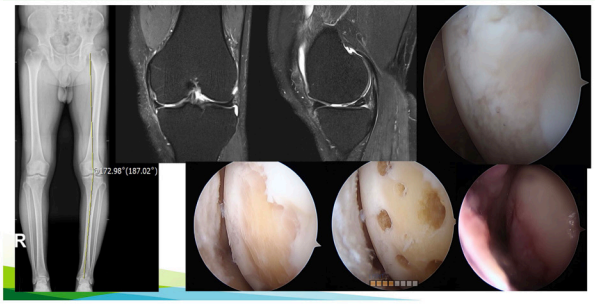
KNEE

Articular cartilage repair using autologous collagen-induced chondrogenesis (ACIC): a pragmatic and cost-effective enhancement of a traditional technique

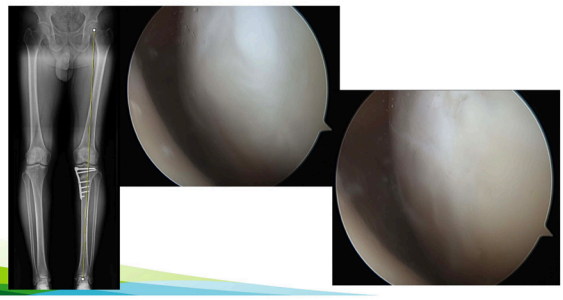
Seok Jung Kim[1] · Asode Ananthram Shetty[2,3] · Nibu M. Kurian[2,3] · Saif Ahmed[2,3] · Neha Shetty[2,3] · David Stelzeneder[4] · Yong-Woon Shin[1] · Yoon Joo Cho[1] · Sang Heon Lee[1]

Mithoefer K, et al. Clin Orthop Relat Res. 2010;468(1):147-157.

Case: M/56 HTO + ACIC



Case: 2-year f/u



Literature Review: Sport injury

- **4 young atheletes** (축구3, 파델1)
- post-traumatic focal chondral defect
- mean defect **1.8 ± 1.0 cm²**
- femoral condyle 3명, tibial plateau 1명
- **3/4명 1년 내 preinjury sport level 복귀**

Arthroscopic treatment of post-traumatic knee chondral defects using microfractures and the Autologous Collagen-Induced Chondrogenesis (ACIC™) technique: a retrospective observational cohort study

Giacomo Galanzino[1,2], Ilaria Morelli[1,2,3], Alessandro Ivone[1], Edoardo Bianchi Visconti[1,2], Domenico Iovinella[1], Roberto Edoardo Vanelli[1]

Scale.

Pre-injury Tegner Activity Scale	Postoperative Tegner Activity Scale at 1-year follow-up
9	9
9	9
6	6
9	8
8.3 ± 1.5	8 ± 1.4

Table 1
Patients' clinical and demographic data.

Patient n°	Age at surgery	Gender	Defect location	Defect largest diameter (cm) and shape	Defect area (cm²)
1	24	Female	Lateral tibial plateau, right knee	2 (circular)	3.1
2	13	Male	Lateral femoral condyle, left knee	2 (ovoidal)	1.6
3	45	Male	Medial femoral condyle, left knee	1 (circular)	0.8
4	22	Male	Medial femoral condyle, right knee	1.5 (circular)	1.8
Mean ± SD	26 ± 13.5			1.7 ± 0.6	1.8 ± 1

Post-injury and postoperative International Knee Documentation Cond VAS.

Patient n°	Post-injury IKDC score	Postoperative IKDC score at 1-year follow-up	Post-injury VAS	Postoperative VAS at 1-year follow-up
1	35	98	7	0
2	38	94	7	0
3	48	93	6	0
4	50	77	6	2
Mean ± SD	42.8 ± 7.4	90.5 ± 9.3	6.5 ± 0.6	0.5 ± 1

Galanzino G, Morelli I, et al. J Orthop. 2026;74:6-10.

Literature Review: Sport injury

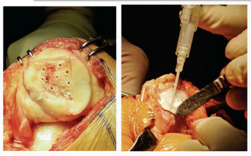
- 14명, 평균 추시 68개월
- mean size: **4.5 ± 0.7 cm²** (큰편)
- **AMIC**
- mean Tegner 1.9 → 4.3, P<.01
- 최종 추시에서 36%가 Tegner ≥5
- RTS는 9–12개월 이후 허용
- 조건: asymptomatic + thigh strength ≥90% contralateral side

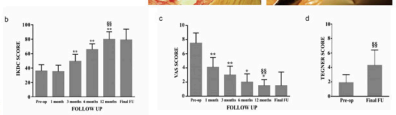
- Sports-active patients에서 **AMIC 시행시 RTS 가능하다**

Journal of Clinical Medicine — MDPI

AMIC—Autologous Matrix-Induced Chondrogenesis Technique in Patellar Cartilage Defects Treatment: A Retrospective Study with a Mid-Term Follow-Up

Daniele Tudari[1,2], Paola De Luca[1,2], Alessio Maione[1], Francesco Mattia Uboldi[1,2], Piera Volpi[3], Laura di Giacomo[3,4,5] and Massimo Berruto[3]





Literature Review

- AMIC: 15 patients
- Mean 4.5-year f/u
- Mean age 30.7 (23-45)
- Mean defect size 3.7cm²
- OA 제외

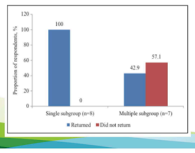
- Multiple, Large lesion 일수록 안 좋다.

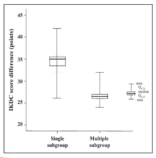
Clinical outcome after treatment of single and multiple cartilage defects by autologous matrix-induced chondrogenesis

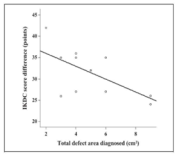
Rimtautas Gudas[1,2], Justinas Mažiulaitis[2], Mantas Stalkūnas[2] and Alfredas Smailys[1]

Table 1. Patient characteristics in different subgroups.*

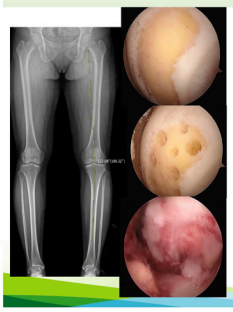
	Patients	Average age (years)	Male:female	Defect size	MFC	LFC	P	PFG
Single	8	29 (6.48)	6:2	3.1 (2.3)	6 (75%)	1 (12.5%)	1 (12.5%)	0
Multiple	7	32.7 (7.8)	4:3	2.3 (1.1)	6 (30%)	4 (20%)	7 (35%)	3 (15%)
Treated	10	29 (6.28)	8:2	2.9 (2.1)	8 (53%)	3 (20%)	3 (20%)	1 (6%)
Purely treated	5	34 (7.98)	2:3	2.4 (1.21)	3 (25%)	2 (16%)	5 (42%)	2 (16%)







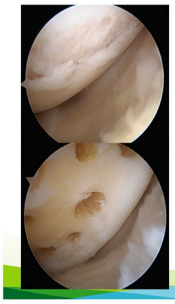
Case: Bad result, F/54 HTO + ACIC



2-year f/u



Case: subchondral cyst & intralesional osteophyte

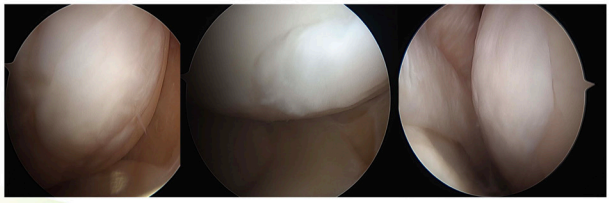


3-year f/u
Newly onset pain
MRI f/u



Case:

경계부가 좀 더 뚜렷하게 구별..cartilage quality ?



Acellular Human Allogeneic hyaline cartilage-derived ECM (Allocartilage)

Megacarti®

Indication

- Hyaline cartilage-derived ECM을 particulation + decellularization한 scaffold
- 대퇴과 **연골손상**에 대한 생체재료(동종조자연골) 사용 개량 미세골절술
- Single stage procedure



MegaCARTI® 제품정보

가. 기술명
- ○ 한글명: 대퇴과 연골손상에 대한 생체재료(동종조자연골) 사용 개량 미세골절술
- ○ 영문명: Microfracture Enhancement using Biomaterial (Allogeneic Hyaline Cartilage) for Articular Cartilage Injury of Femoral Condyle

나. 사용목적
- ○ 혈병 유실 방지를 통한 연골 재생 보조 및 연골 결손 치료

다. 사용대상
- ① 만 19세 이상 ~ 만 60세 이하의 연령층
- ② 1.5㎠ 이상 ~ 10㎠ 이하의 병변 크기
- ③ ICRS grade 3~4 등급
- ※ 상기의 조건을 모두 만족하는 대퇴과 연골손상 환자

Literature Review

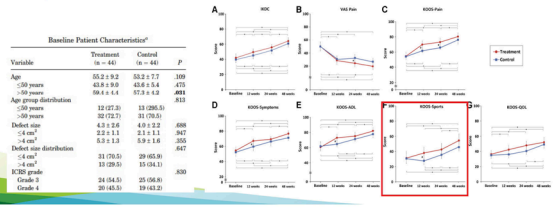
- 88명 RCT: Megacarti vs Microfracture
- > 4cm² 에서 오히려 control 과 차이가 큼
- > 50세 에서 오히려 control 과 차이가 큼
- Age, defect size에 영향이 적은 편?
- KOOS-sports 우월


Original Research

Particulated Costal Allocartilage With Microfracture Versus Microfracture Alone for Knee Cartilage Defects: A Multicenter, Prospective, Randomized, Participant- and Rater-Blinded Study

Kwangho Chung,* MD, Min Jung,† MD, PhD, Ki-Mo Jang,‡ MD, PhD, Sung-Hwan Park,† MD, Sum Joon Nam,§ MD, Hyungjun Kim,§ MD, and Sung-Hwan Kim,§¶ MD, PhD

Investigation performed at Gangnam Severance Hospital, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Republic of Korea



Literature Review

- Megacarti 40명 4년 prospective f/u
- 4년까지 PROM 호전/유지

MRI - MOCART
- Defect size가 클때도 유지
- Age >60세 경우 유의하게 감소
- 좀 더 넓은 병변에서 장점이 있는 Acellular scaffold ?

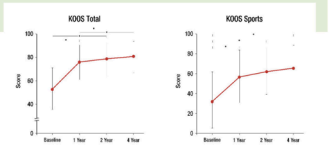


Table 3. Exploratory Subgroup analysis of MRI outcomes according to MOCART score

Variable	Treatment group				
Age, years	1-year (n = 40)	2-year (n = 40)	3-year (n = 40)	4-year (n = 40)	p-value (time effect)
≤ 50	60.9 ± 8.8	63.2 ± 7.9	66.1 ± 8.2	63.2 ± 7.8	**0.029**
> 50 to ≤ 60	56.4 ± 10.1	56.8 ± 12.0	53.0 ± 18.4	53.4 ± 16.4	0.456
> 60	53.0 ± 9.9	56.0 ± 9.5	49.2 ± 11.7	48.3 ± 13.0	**0.003**
p-value (subgroup effect)	0.134	0.173	**0.007**	**0.026**	
Size of the defect, cm²					
< 1.5	60.8 ± 8.1	61.3 ± 9.1	62.0 ± 13.1	59.3 ± 14.5	0.795
1.5 to < 4	57.6 ± 9.5	61.0 ± 8.8	53.7 ± 15.3	55.7 ± 12.7	**0.019**
≥ 4 to ≤ 10	51.3 ± 10.3	52.3 ± 11.0	51.9 ± 15.7	48.3 ± 14.8	0.332
p-value (subgroup effect)	0.059	**0.036**	0.251	0.156	

Article · Open access · Published: 27 July 2020

Mid-term clinical and radiologic outcomes of augmented microfracture with decellularized particulated costal allocartilage for knee cartilage defects: four-year prospective case series

Yeongho Chung, Min Jung, Ki-Mo Jang, Sanghoon Park & Sung-Hwan Kim

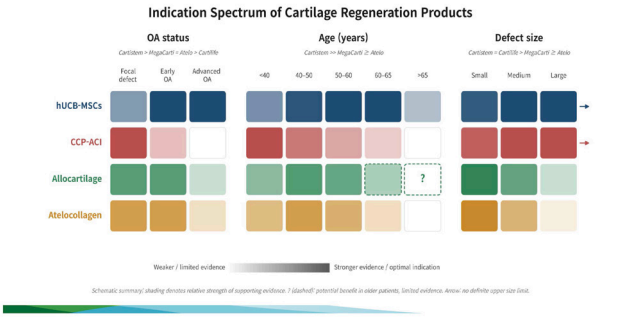
Mithoo T, et al. Clin Orthop Relat Res. 2010;468(1):147-157.

Conclusions: Treatment target & for sport injury

Treatment target: Age, OA status, Defect size

hUCB-MSCs	CCP-ACI	Allocartilage	Atelocollagen
Age ~65세까지	**Age** 65세까지 연구에 포함되었으나 평균 연령이 낮음; 주로 **젊은 환자**에서 입증	**Age** ~60세, 고령에서 강점을 보였으나 아직 근거는 부족	**Age** ~60세
OA status **OA에 가장 적합**	**OA status** OA에는 부적합한 편, **Focal defec**에 적합하며 결과가 가장 좋음	**OA status** OA에도 적용 가능하나 OA에 적합한 편은 아님	**OA status** OA에도 적용 가능하나 OA에 적합한 편은 아님
Defect size 크기 제한이 거의 없음	**Defect size** 크기 제한이 거의 없음	**Defect size** Atelocollagen보다 size indication이 넓음(10cm²), 아직 근거는 부족, **작은 병변에서 더 적합한 편**	**Defect size** 크기 제한이 어느정도 존재, 8cm²까지도 시도되나 **작은 병변에 좀 더 적합한 편**
Sport injury 소수의 case 보고, 결과는 기대	**Sport injury** 근거 수준이 가장 높음, 좋은 outcome, Large lesion 가능	**Sport injury** 아직 보고된 바 없음	**Sport injury** 근거 수준 중간, 결과 좋은편, small ~ medium size lesion, single stage로 비용효용성 좋음

Main treatment target



Main treatment target

My treatment option (not absolute rules)

- **OA 환자, 고령일때, 큰 병변일때**: hUCB-MSCs
- **젊은 환자의 focal defect, 큰 병변 포함**: CCP-ACI
- **Early OA를 동반한 60세 전후의 작은 병변**: Allocartilage 또는 atelocollagen

Cartilage regeneration for sports injury

Treatment option (not absolute rules)

- **CCP-ACI: 가장 favorable outcome, 근거 수준이 가장 높음**
- **Atelocollagen: 저비용, single stage 장점, 효과적이나 근거 수준 ACI 보다 낮음**
- **hUCB-MSCs: Single stage 장점, 보고된 결과는 좋으나 소수의 case 보고만 있음**
- **Allocartilage: 아직 문헌 보고 없음.**
- **Return to sports 9-12개월 after proper rehabilitation**

Thank you !!



가톨릭대학교 여의도성모병원

서재완

학력

연세대학교 의과대학 의학과 학사 (2001.03.~2007.02)

연세대학교 대학원 정형외과학(의학) 박사 (2015.03.~2022.08.)

주요 경력

세브란스 병원 정형외과 전공의 (2011.03- 2015.02),

연세대학교 의과대학 정형외과학 교실 강사 (족부족관절) (2015.03 - 2016.02)

단국대학교 의과대학 정형외과학 교실 조교수 (2016.03- 2024.02)

현재 소속 및 직위

국민건강보험 일산병원 정형외과 부교수 (2024.03-)

대표논문

1. Jae Wan Suh, M.D., Young Kwang Shin, M.D., and Hyun-Woo Park, M.D. Measurement of Functional Instability before and after Modified Bröstrom Operation Using Pedobarography in Patients with Chronic Ankle Instability. J Korean Orthop Assoc 2024; 59: 406-414
2. Jae Wan Suh, MD, Joo Han Kwon, MD, Dae Hee Lee, MD, Jae Uk Jung, MD, Hyun-Woo Park, MD. Outcomes of Osteochondral Autologous Transplantation with Ipsilateral Lateral Talar Autograft for Medial Osteochondral Lesions of the Talus. Clin Orthop Surg. 2024;16(4):620- 627
3. Jae Wan Suh, Ho-Seong Jang, Kyu-Beom Kim, Ju Hyun Kim, Sung Joon Choi, Ka Ram Kim, In-Tak Chu, Hyun-Woo Park, Metatarsal sliding osteotomy is effective without altering plantar pressure in Morton's neuroma: Retrospective case series. Journal of Orthopaedic Science 2024 Nov;29(6):1423-1429

족부족관절 스포츠손상에서 PRP의 적용

국민건강보험 일산병원

서재완

Overview

01 Plantar fasciitis: PRP vs. corticosteroid

02 Achilles tendinopathy and rupture

03 Ankle ligaments: lateral sprain and syndesmosis

04 Osteochondral lesions of the talus

05 Practical recommendations

Evidence Map by Indication

Same injection, different answers

Indication	Verdict	Evidence base	Key finding
Plantar fasciitis	FAVOURABLE	5 meta-analyses (up to 24 RCTs)	Better than CS from ~3 months, sustained to 6–12 months
Achilles tendon	NOT SUPPORTED	4 placebo RCTs + 4 meta-analyses; rupture trials	Tendinopathy: no benefit (1 multi-injection RCT positive); rupture: no consistent long-term benefit
Lateral ankle sprain	INSUFFICIENT	2 small RCTs + 1 SR (low certainty)	Early gain at most; no difference by 24 weeks
Syndesmosis	PROMISING	1 small RCT + 1 pilot cohort (athletes)	Return to play ~3 weeks earlier
Talar OCL	PROMISING	Small RCTs + 3 systematic reviews	Adjunct to microfracture or vs. HA; pooled data inconsistent

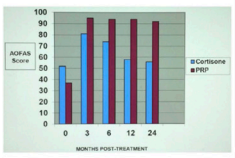
Summarised from the systematic reviews and trials cited on the following slides

Plantar Fasciitis: Monto 2014

PRP effect lasted 24 months; steroid effect faded by 12 months



Single-entry US-guided injection
3 mL PRP vs. 40 mg methylprednisolone



92 vs. 56
AOFAS at 24 months, PRP vs. CS

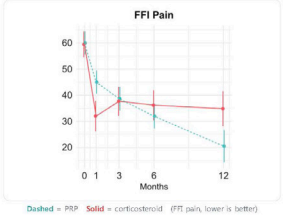
n = 40
RCT, refractory PF

Caution
Baseline AOFAS unequal: PRP 37 vs. CS 52

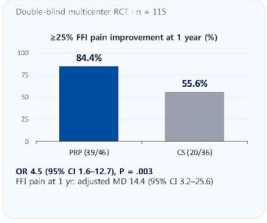
Figures reproduced from Monto RR. Foot Ankle Int 2014;35(4):313–318

Plantar Fasciitis: Peerbooms 2019

CS faster at 1 month; PRP keeps improving to 12 months



Dashed = PRP Solid = corticosteroid (FFI pain, lower is better)

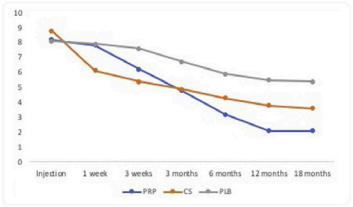


OR 4.5 (95% CI 1.6–12.7), P = .003
FFI pain at 1 yr: adjusted MD 14.4 (95% CI 3.2–25.6)

Figure reproduced from Peerbooms JC, et al. Am J Sports Med 2019;47:3238–3246

Plantar Fasciitis: Shetty 2019

CS faster early; PRP lowest pain from 6 months; both beat placebo



Mean VAS over 18 months · PRP (blue), CS (orange), placebo (gray)

3-arm RCT · n = 90 · 18 months

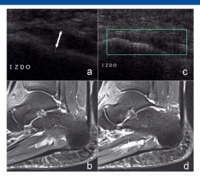
- **Short term** — CS better at 3 weeks
- **Long term** — PRP better than CS at 6, 12, 18 months
- **Repeat injection** — CS 23% vs. PRP 17%
- **Surgery** — CS 10% vs. PRP 3%

Figure reproduced from Shetty SH, et al. J Foot Ankle Surg 2019;58:42–46

Plantar Fasciitis: Imaging Response

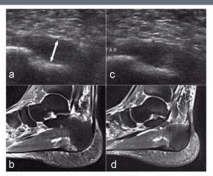
Fascia thinning lasted after PRP but rebounded after CS

PRP case



US thickness, pre → 3 → 6 mo: **7.95 → 4.83 → 4.82 mm**

Corticosteroid case



US thickness, pre → 3 → 6 mo: **8.05 → 6.28 → 6.85 mm**

a, b: before injection (US, MRI) · c: US at 3 months · d: MRI at 6 months

Images and data (Table 3) from Jiménez-Pérez AE, et al. Foot Ankle Surg 2019;25:354–360 · non-randomized, n = 40

Plantar Fasciitis: Meta-analyses

PRP vs. corticosteroid: the advantage appears at 3 months

VAS pain, PRP vs. CS, by follow-up time point

	1 month	3 months	6 months	12 months
Hurley 2020 9 RCTs · n = 479	PRP better P = .004	PRP better P < .001	PRP better P < .001	PRP better P < .001
Hohmann 2021 15 studies	NS P = .65	PRP better P < .001	PRP better P = .002	PRP better P = .019
Zuo 2025 24 RCTs · n = 1,653	NS P = .12	PRP better P = .03	PRP better P < .001	NS P = .08

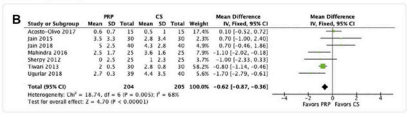
All 3 agree at 3–6 months

Hurley ET, et al. Orthop J Sports Med 2020 · Hohmann E, et al. Am J Sports Med 2021;49:1381–1393 · Zuo A, et al. Am J Phys Med Rehabil 2025;104:613–621

Plantar Fasciitis: Hurley 2020 Forest Plots

VAS pain favours PRP at 3 and 12 months

3 months (7 RCTs)



12 months (2 RCTs)



−0.62
VAS MD at 3 months (95% CI −0.87 to −0.36)

−1.63
VAS MD at 12 months (95% CI −2.95 to −0.30)

Note
Fixed-effect model; I² = 68% at 3 months
Negative MD favours PRP

Figure reproduced from Hurley ET, et al. Orthop J Sports Med 2020; doi:10.1177/2325967120951704

Plantar Fasciitis: Interpreting the Evidence

What to tell the patient, and the athlete

1 — Onset
CS works faster in the first weeks; PRP advantage emerges at ~3 months

Shetty 2019 · Peerbooms 2019 · Zuo 2025

2 — Safety
Autologous, no serious adverse events reported; avoids CS-related plantar fascia rupture risk

Peerbooms 2019 · Sneed 2023

3 — Athletes
No RCTs in athletes; PRP reported in only one elite athlete (case report)

Sneed 2023 · Petraglia 2017

Sneed D, Wong C. PM R 2023;15:1403–1106 · Petraglia F, et al. Muscles Ligaments Tendons J 2017;7:107–118

Plantar Fasciitis: Korean Approval

From research-stage to New Health Technology after 15 years

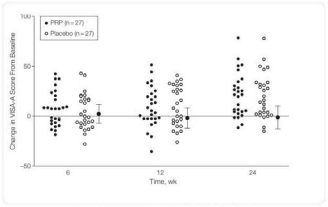
- **2011–13** — Research-stage technology
- **2014–17** — Conditional approval (limited technology)
- **2019** — Insufficient efficacy (B, II-a)
- **2026** — New Health Technology (level B)

Indication Plantar fasciitis unresponsive to ≥3 months of conservative treatment
Procedure Autologous PRP from peripheral blood, injected into the fascia lesion

National Evidence-based Healthcare Collaborating Agency (NECA), nhta.neca.re.kr

Achilles Tendinopathy: de Vos 2010

PRP + eccentric exercise = saline + eccentric exercise, up to 1 year



Double-blind RCT · n = 54 · JAMA

+21.7 vs. +20.5
VISA-A improvement at 24 weeks, PRP vs. saline (adj. diff −0.9, 95% CI −12.4 to 10.6)

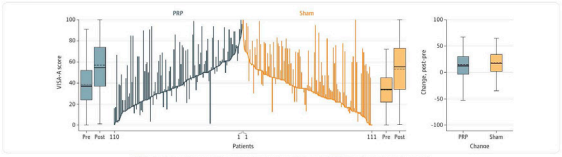
5.5, P = .292
1-year follow-up (de Jonge 2011): VISA-A difference, 95% CI −4.9 to 15.8

Patient satisfaction at 1 year: 59% in both groups

Figure reproduced from de Vos RJ, et al. JAMA 2010;303:144-149 · de Jonge S, et al. Am J Sports Med 2011;39:1623-1629

Achilles Tendinopathy: Kearney 2021

Largest RCT: no benefit over sham injection



VISA-A at baseline and 6 months for each participant · PRP (blue) vs. sham (orange)

n = 240
Multicenter UK · single intratendinous PRP vs. sham (dry needle)

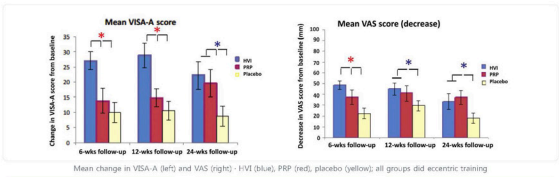
54.4 vs. 53.4
VISA-A at 6 months, PRP vs. sham

−2.7
Adjusted MD (95% CI −8.8 to 3.3)

Figure reproduced from Kearney RS, et al. JAMA 2021;326:137–144

Achilles Tendinopathy: Boesen 2017

The positive outlier: four PRP injections beat placebo



Mean change in VISA-A (left) and VAS (right) · HVI (blue), PRP (red), placebo (yellow); all groups did eccentric training

n = 60 men
3-arm RCT: high-volume injection vs. PRP vs. placebo

PRP × 4
Injections every 14 days (other RCTs used a single injection)

20 vs. 9
VISA-A change at 24 weeks, PRP vs. placebo (P < .01)

Figure reproduced from Boesen AP, et al. Am J Sports Med 2017;45:2034–2043

Why Was Boesen 2017 Different?

The only repeated-injection trial was also the only positive one

	de Vos 2010	Krogh 2016	Kearney 2021	Boesen 2017
Injections	1	1	1	4 (every 2 wk)
PRP (as reported)	4 mL · leukocytes NR	6 mL · leukocytes NR	3 mL · leukocyte-rich	4 mL ×4 · leukocytes NR*
Participants	n = 54, mixed sex	n = 24, mixed sex	n = 240, 58% women	n = 60, men only
Control	Intratendinous saline	Saline injection	Sham needle (not in tendon)	Saline drops under skin
Result vs. control	No difference	No difference	No difference	Better (VAS all; VISA-A 24 wk)

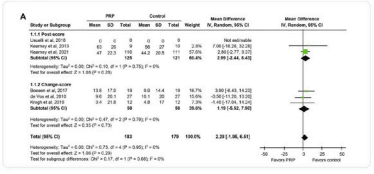
Dose cannot be tested in existing meta-analyses: only one multi-injection RCT (removing it did not change Barreto 2025). Dose-ranging RCTs are needed.

NR, not reported. *Arthrex ACP, a system generally classified as leukocyte-poor · de Vos 2010 · Krogh 2016 · Kearney 2021 · Boesen 2017 · Barreto ISR, CORR 2025;483:779–790

Achilles Tendinopathy: Ling 2024 Meta-analysis

No difference in VISA-A at any time point

Forest plot, VISA-A at 3 months (PRP vs. control)



6 RCTs · n = 422

3 months
MD 2.28 (−1.95 to 6.51)

6 months
MD 1.83 (−2.36 to 6.32)

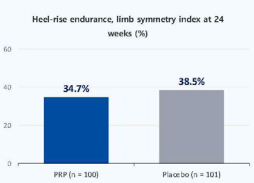
12 months
MD 3.46 (−8.62 to 15.55)

Tendon thickness on US: also no difference

Figure reproduced from Ling SK, et al. Orthop J Sports Med 2024

Acute Achilles Rupture: PATH-2

PRP did not improve tendon function after rupture



Adjusted MD −3.9% (95% CI −10.5 to 2.7)

n = 230
PATH-2 · multicentre UK, placebo-controlled RCT · BMJ 2019

No difference
In any secondary outcome or adverse events

Chen 2022 meta-analysis
11 RCTs · n = 574
Rupture: no difference in ATRS at 3, 6, 12 months
Tendinopathy: benefit only at 6 weeks

Keene DJ, et al. BMJ 2019;367:l6132 · Chen J, et al. Platelets 2022;33:339–349

Acute Achilles Rupture: PRP With Operative Repair

Some early gains; no consistent long-term benefit

Study	Design · PRP timing	Early (≤ 6 months)	Late (12–24 months)
Schepull 2011 AJSM	RCT, n = 30 · 10 mL intraop	No difference in elasticity (7 wk)	ATRS median 78 vs. 89, P = .014 (worse with PRP)
Zou 2016 BioMed Res Int	RCT, n = 36 · intraop	Isokinetic strength better at 3 mo	Scores better to 12 mo; 24-mo ROM gap <1° (P < .001)
Hung 2022 J Clin Med	Non-RCT, n = 62 · intraop + 2 wk	ROM and calf girth better at 6 mo	ATRS 92.9 vs. 92.7 (P = .80)
Yasui 2025 J Exp Orthop	Double-blind RCT, n = 14 · 3 wk	Single heel raise 12.3 vs. 15.7 wk (NS)	No difference in scores or MRI at 2 yr

Mercurio 2026 review (7 studies, 207 pts): early recovery may be faster, but routine use is not supported

Schepull T, AJSM 2011;39:38–47 · Zou J, BioMed Res Int 2016;9364170 · Hung CY, J Clin Med 2022;11:5389 · Yasui Y, J Exp Orthop 2025;12:e70168 · Mercurio M, J Clin Med 2026;15:434

Lateral Ankle Sprain: RCTs

Placebo-controlled trial negative; benefit only to 8 weeks in an open trial

Rowden 2015 · J Emerg Med

Double-blind RCT · severe acute sprain in the ED · n = 33 analysed

5.72 vs. 4.8
VAS at day 3, PRP vs. saline (P = .14)

No difference
VAS and LEFS through day 30

17.8%
Post hoc power: underpowered

Blanco-Rivera 2020 · Foot Ankle Surg

RCT · grade II ATFL · cast 10 days ± PRP 5 mL · n = 21 · no placebo

133.1 vs. 129.5
FADI at 8 weeks, PRP vs. cast alone (P = .0003)

135.4 vs. 135.3
FADI at 24 weeks (P = .884)

Same at 24 wk
Early gain did not persist

Rowden A, et al. J Emerg Med 2015;49:546–551 · Blanco-Rivera J, et al. Foot Ankle Surg 2020;26:750–754

Syndesmosis: Samra 2015 and Summary

Two small studies, same direction: ~3 weeks faster return to play

Samra 2015 · BMJ Open Sport Exerc Med

Rugby Union players · single US-guided PRP into AITFL (n = 10) vs. historical controls (n = 11)

48.6 vs. 69.3 d
Return to play (P = .048)

Better
Agility (P = .002) and vertical jump (P = .001) at RTP

Limitation
Pilot cohort, non-randomized, historical controls

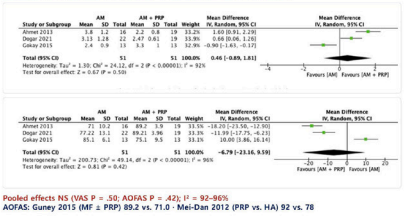


Samra DB, et al. BMJ Open Sport Exerc Med 2015. doi:10.1136/bmjsem-2015-000033 · Laver L, et al. KSSTA 2015;23:3383–3392

Talar OCL: Systematic Reviews

Positive signal, but pooled data are inconsistent

Basciani 2024: microfracture ± PRP, VAS (top) and AOFAS (bottom)



Pooled effects NS (VAS P = .50; AOFAS P = .42); I² = 92–96%
AOFAS: Guney 2015 (MF ± PRP) 89.2 vs. 71.0 · Mei-Dan 2012 (PRP vs. HA) 92 vs. 78

Ding 2024
Talar cartilage subgroup: AOFAS MD 8.66 (6.61 to 10.71); I² = 0%

Halayqeh 2025
4 of 5 studies: PRP + bone marrow stimulation better than BMS alone

Basciani 2024
10 studies, n = 464: PRP called 'most valuable' adjunct, yet pooled effect NS

Figure reproduced from Basciani S, et al. Foot Ankle Surg 2024;30:219–225 · Ding et al. J Orthop Surg Res 2024;19:895 · Halayqeh S, et al. JBJS Rev 2025;13(2):e25.00168

Practical Recommendations

Match the indication to the evidence

Indication	Position of PRP	Practical note
Plantar fasciitis	Chronic PF failing ≥3 months of conservative care	Slower onset than CS (~3 months); plan return to sport
Achilles tendon	Loading programme first; PRP not routine	Rupture: no consistent long-term benefit, operative or not
Lateral ankle sprain	Functional treatment; PRP not routine	At most an early (≤8 week) gain
Syndesmosis	May shorten return to play in athletes	US-guided into AITFL; small studies only
Talar OCL	Consider as adjunct to microfracture, or vs. HA	Inconsistent pooled data; discuss uncertainty

For all: document the PRP formulation (platelet count, leukocytes, volume, number of injections)

Synthesis of the evidence presented; not a formal guideline

Take-home Messages

1. **Plantar fasciitis**
   PRP outperforms corticosteroid from ~3 months; approved New Health Technology in Korea (2026)
2. **Achilles tendon**
   No benefit in tendinopathy meta-analyses, yet repeated injection is untested at scale; rupture: no consistent long-term benefit with or without surgery
3. **Ankle ligaments**
   Lateral sprain: insufficient evidence. Syndesmosis: ~3 weeks faster return to play in two small studies
4. **Talar OCL**
   Promising as an adjunct to microfracture, but pooled data are inconsistent
5. **Interpretation**
   PRP is not one product: report formulations and read conclusions against the data

The 69th Autumn Conference of Korean Society of Sports Medicine

사단법인 대한스포츠의학회

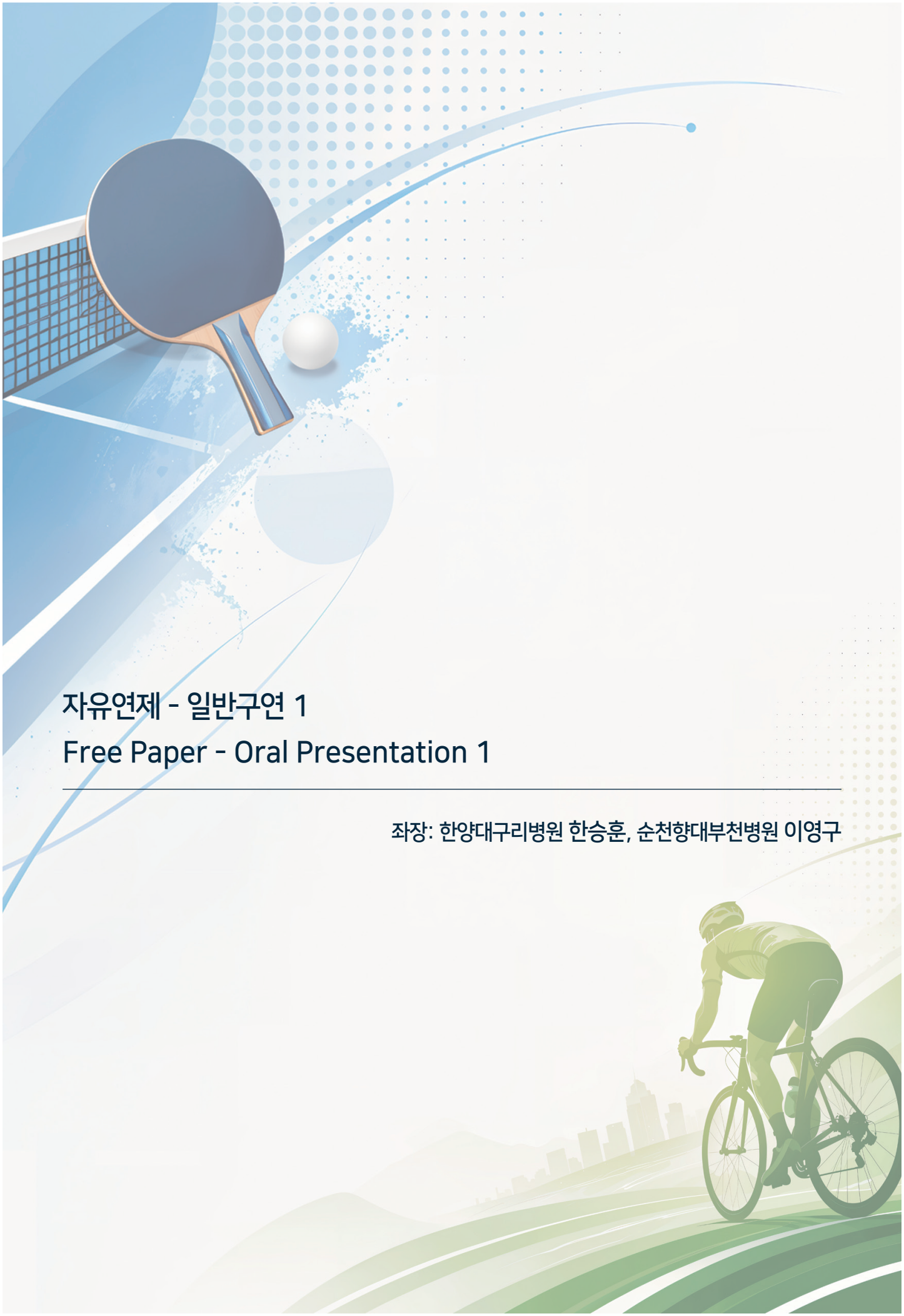
제69차 추계학술대회



10월 31일(토요일)

Room B





자유연제 - 일반구연 1
Free Paper - Oral Presentation 1

좌장: 한양대구리병원 한승훈, 순천향대부천병원 이영구

축구 선수에서 대퇴비구충돌 형태와 고관절 관절 내 병변의 유병률: 메타분석

[1]이화의료원 목동병원 정형외과, [2]이화의료원 서울병원 정형외과
박기태[1], 한승규[1], 박장원[2], 윤병호[1]

목적

대퇴비구충돌증후군(femoroacetabular impingement, FAI) 형태는 반복적인 고관절 부하에 노출되는 운동선수에서 흔히 관찰된다. 그러나 축구 선수에서 FAI 형태 및 관련 관절 내 병변의 유병률은 연구마다 다양하게 보고되어 왔다. 본 메타분석은 축구 선수에서 FAI 형태와 비구순 및 연골 병변의 통합 유병률을 산출하고, 선수 수준, 진단 방법 및 평균 연령에 따라 유병률의 차이가 있는지 평가하고자 하였다.

대상 및 방법

PubMed, Embase, Cochrane Library 및 SPORTDiscus를 대상으로 각 데이터베이스의 시작 시점부터 2026년 1월까지 PRISMA 지침에 따라 문헌 검색을 시행하였다. 축구 선수에서 FAI 형태 또는 고관절 관절 내 병변을 보고한 연구를 포함하였다. 로그 변환을 적용한 무작위효과 비율 메타분석을 시행하였으며, 하위군 분석, 민감도 분석 및 메타회귀분석을 수행하였다.

결과

총 9편의 연구, 2,462개의 고관절이 포함되었다. Cam 형태는 가장 흔한 FAI 형태였으며, 통합 유병률은 44%였다(95% 신뢰구간, 34–55%; I^2 = 95.0%). Pincer 형태의 통합 유병률은 6%(95% 신뢰구간, 2–16%; I^2 = 95.7%)였고, 관절순 병변은 23%(95% 신뢰구간, 5–61%; I^2 = 96.6%), 연골 병변은 15%(95% 신뢰구간, 5–38%; I^2 = 93.0%)였다. 대부분의 하위군 분석에서 유의한 차이는 관찰되지 않았으나, pincer 형태는 진단 방법에 따라 유의한 차이를 보였다. 평균 연령은 연골 병변과 유의한 관련성을 보였으며, 평균 연령이 1세 증가할 때 연골 병변의 오즈비는 1.34였다(95% 신뢰구간, 1.22–1.48; P < 0.001).

결론

축구 선수에서 cam 형태는 높은 유병률을 보였으며, 이는 반복적인 고관절 부하에 따른 스포츠 관련 골성 적응을 반영할 수 있다. 또한 연령 증가와 연골 병변의 관련성은 누적된 고관절 부하가 진행성 관절 내 손상에 기여할 가능성을 시사한다.

키워드: 대퇴비구충돌증후군 / 고과절 관절 내 병변 / 축구 선수 / 메타분석

수술적 접근·손상 만성도가 근위 햄스트링 봉합술 후 스포츠 복귀에 미치는 영향: 메타분석

이화여자대학교 의과대학 목동병원 정형외과학교실

박기태, 전치훈, 윤병호

목적

Surgical repair of proximal hamstring avulsions is widely performed, yet pooled estimates of return to sport (RTS), functional outcomes, and complication rates remain lacking, and the comparative effects of surgical approach and injury chronicity are undefined. We aimed to estimate pooled RTS rates, functional outcomes, and complication profiles following surgical proximal hamstring repair, and to evaluate the influence of surgical approach (open vs. arthroscopic) and injury chronicity (acute vs. chronic).

대상 및 방법

A systematic search of PubMed, Embase, and the Cochrane Library was conducted through March 2026 following PRISMA guidelines. Studies reporting RTS or functional outcomes after surgical proximal hamstring repair with a minimum 12-month follow-up were included. Pooled proportions and means were calculated using random-effects models. Subgroup analyses compared open versus arthroscopic repair and acute-dominant versus chronic-dominant cohorts.

결과

Twenty-nine studies comprising 1,068 patients were included. The pooled RTS rate was 79% (95% CI, 74–85%; I^2=92.6%). Pooled functional outcomes were favorable across all instruments: mHHS 87.1, VAS pain 2.0, HOS-ADL 90.4, and HOS-SS 81.6. Pooled complication rates were neuropathy 5% (95% CI, 3–8%), rerupture 2% (95% CI, 0–5%), and pain on sitting 3% (95% CI, 0–5%). There were no statistically significant differences in RTS between open vs. arthroscopic repair (76% vs. 87%, p=0.140) or acute-dominant vs. chronic-dominant cohorts (77% vs. 81%, p=0.616).

결론

Surgical repair of proximal hamstring avulsions yields a pooled RTS of 79% with favorable functional outcomes and a low rerupture rate of 2%. Neither surgical approach nor injury chronicity significantly influenced RTS, supporting individualized surgical decision-making. High-quality prospective studies with standardized RTS definitions are needed to further refine surgical indications.

키워드

hamstring repair surgery / proximal hamstring / surgical repair / return to sport / meta-analysis / arthroscopic repair

ACL 재건술 후 전외측인대 재건술 동반 여부에 따른 2년 후 근기능 차이

고려대학교 안암병원 스포츠의학센터, 고려대학교 안암병원 정형외과

이진혁, 이서준, 장기모

목적

To compare the baseline-adjusted 2-year clinical and functional outcomes between isolated anterior cruciate ligament reconstruction (ACLR) and combined ACLR+ anterolateral ligament reconstruction (ALLR), while referencing preoperative status for postoperative recovery.

대상 및 방법

Fifty-eight patients undergoing primary ACLR were enrolled in isolated ACLR (n=34) and combined ACLR+ALLR (n=24) groups. Isokinetic muscle performance was assessed at 180°/s using peak torque (muscle strength), total work (muscle endurance), and acceleration time (AT) of the quadriceps and hamstring muscles. Dynamic postural stability was assessed using the overall stability index (OSI). Patient-reported outcome measures (PROMs) included the International Knee Documentation Committee score, Lysholm score, and Tegner activity scale. Baseline-adjusted 2-year outcomes were compared using analysis of covariance, with the corresponding preoperative value entered as a covariate. Longitudinal recovery was evaluated using a two-way mixed analysis of variance.

결과

At 2 years postoperatively, the combined ACLR+ALLR group showed greater baseline-adjusted hamstring total work on the involved limb than the isolated ACLR group (P=0.003). A similar difference was observed in the uninvolved limb (P=0.020). In contrast, the isolated ACLR group showed shorter involved-limb AT for both the hamstring (P<0.001) and quadriceps (P=0.016). No significant between-group differences were observed in the peak torque, OSI, and PROMs. In the secondary longitudinal analysis, a significant group × time interaction was observed for involved limb hamstring total work (F=4.239, P=0.044), supporting a greater improvement in

hamstring work capacity in the combined ACLR+ALLR group.

결론

At 2 years postoperatively, combined ACLR+ALLR and isolated ACLR showed comparable peak torque, dynamic postural stability, and PROMs. However, combined ACLR+ALLR was associated with greater hamstring total work, whereas isolated ACLR was associated with shorter hamstring and quadriceps AT. These findings suggest that postoperative muscle performance may differ per surgical procedure, highlighting the potential need for tailored rehabilitation strategies after ACLR with and without concomitant ALLR.

키워드

anterior cruciate ligament reconstruction / anterolateral ligament reconstruction / isokinetic dynamometry / hamstring total work / acceleration time

ACL 재건술 후 심리적 준비도와 신체 회복의 시간적 변화 양상

서울점프정형외과, 프레즌트정신건강의학과

하정구, 김하경, 이지윤, 박재범, 이승엽, 공두환

목적

본 연구는 전방십자인대 재건술(ACLR) 전후의 감정 지표 변화 양상을 분석하고, 신체 회복 경과(근력 결손의 개선 추이) 및 심리적 회복탄력성이 술 후 12개월 시점의 스포츠 복귀를 위한 심리적 준비도(ACL-RSI)와 어떠한 관련성을 갖는지 규명하고자 하였다

대상 및 방법

ACLR을 시행받은 59명의 환자를 대상으로 술 전, 술 후 3개월, 6개월, 12개월 시점에 분석을 실시하였다. 평가 지표로는 감정 지표(우울[HD], 불안[HS], 외상 후 스트레스[IESR]), 기능 점수(IKDC, Tegner), 등속성 근력 결손(Q-def, H-def), 회복탄력성(RISC)이 포함되었다. 시간에 따른 변화 양상은 Wilcoxon 부호 순위 검정으로 분석하였으며, 변수 간 관련성은 Spearman 상관분석 및 다중 회귀분석으로 검토하였다

결과

술 전 감정 지표는 시간이 경과함에 따라 유의하게 감소하였다. 구체적으로, 외상 후 스트레스(IESR)는 술 후 3개월 이내에 급격히 감소한 반면, 우울(HD) 및 불안(HS)은 6개월 시점에서 보다 뚜렷한 감소를 보였다. 술 후 12개월의 ACL-RSI는 현재의 근력 상태뿐만 아니라, 술 후 3개월에서 12개월 사이의 대퇴사두근 결손 개선 추이(dQ-def)와도 유의한 상관관계를 나타냈다($\rho = -0.501$, $p = 0.0066$). 기능적 회복은 양호(IKDC ≥ 80)하나 심리적 준비도가 낮은(ACL-RSI < 60) '불일치' 양상이 전체의 26.7%에서 관찰되었다. 신체 상태(IKDC, Q-def, Tegner, 연령, 성별)를 통제한 후에도 회복탄력성(RISC)은 ACL-RSI의 추가 분산을 유의하게 설명하였다($\triangle R^2 = 0.222$, $p = 0.0008$).

결론

ACLR 후 심리적 준비도는 현재의 신체 기능뿐만 아니라 근력 회복 추이 및 개인의 내재적 회복탄력성에 의해서도 결정된다. 성공적인 스포츠 복귀를 위해서는 기능적·심리적 회복 변화 양상을 함께 모니터링하고, 회복탄력성이 낮은 고위험군에 대한 조기 중재 전략을 시행하는 것이 필수적이다

키워드

ACL reconstruction / resilience / return to sport

ACL 재건술 후 3개월 등속성 근력 검사와 MRI 기반 생물학적 결과의 연관성: 씨름 선수

마디세상병원

양영훈, 조율, 박정관, 신지수, 백석호

목적

To develop and internally validate machine learning (ML) models using 3-month isokinetic strength variables to predict 1-year MRI-based biological outcomes after ACL reconstruction (ACLR), and to evaluate cutoff applicability in Ssireum wrestlers.

대상 및 방법

A total of 82 consecutive patients (22 Ssireum wrestlers) who underwent primary ACLR were included. Seven 3-month isokinetic strength variables were used as predictors in four machine learning models (logistic regression, LASSO, random forest, and XGBoost), validated by repeated stratified 5-fold cross-validation (× 20 repetitions). One-year MRI outcomes were assessed using the Howell graft maturation and Li tunnel healing classifications. Weight-stratified cutoff analysis was performed using an 80-kg threshold, and derived cutoffs were applied to the Ssireum subgroup.

결과

For the primary composite MRI-based poor biological outcome, the best-performing models achieved AUROC values of 0.695–0.736. Random forest was selected as the representative model (AUROC, 0.695; sensitivity, 0.491; specificity, 0.778). In the ≥80-kg subgroup, injured-side hamstring-to-quadriceps (H/Q) ratio was significantly lower in the poor Howell maturation group (44.0% vs. 52.3%; P = .047; AUROC 0.765; cutoff ≤ 39.7%). When rounded to ≤ 40.0% and applied to Ssireum wrestlers, this cutoff was associated with poor Howell graft maturation in all wrestlers below the threshold (specificity 100.0%, PPV 100.0%).

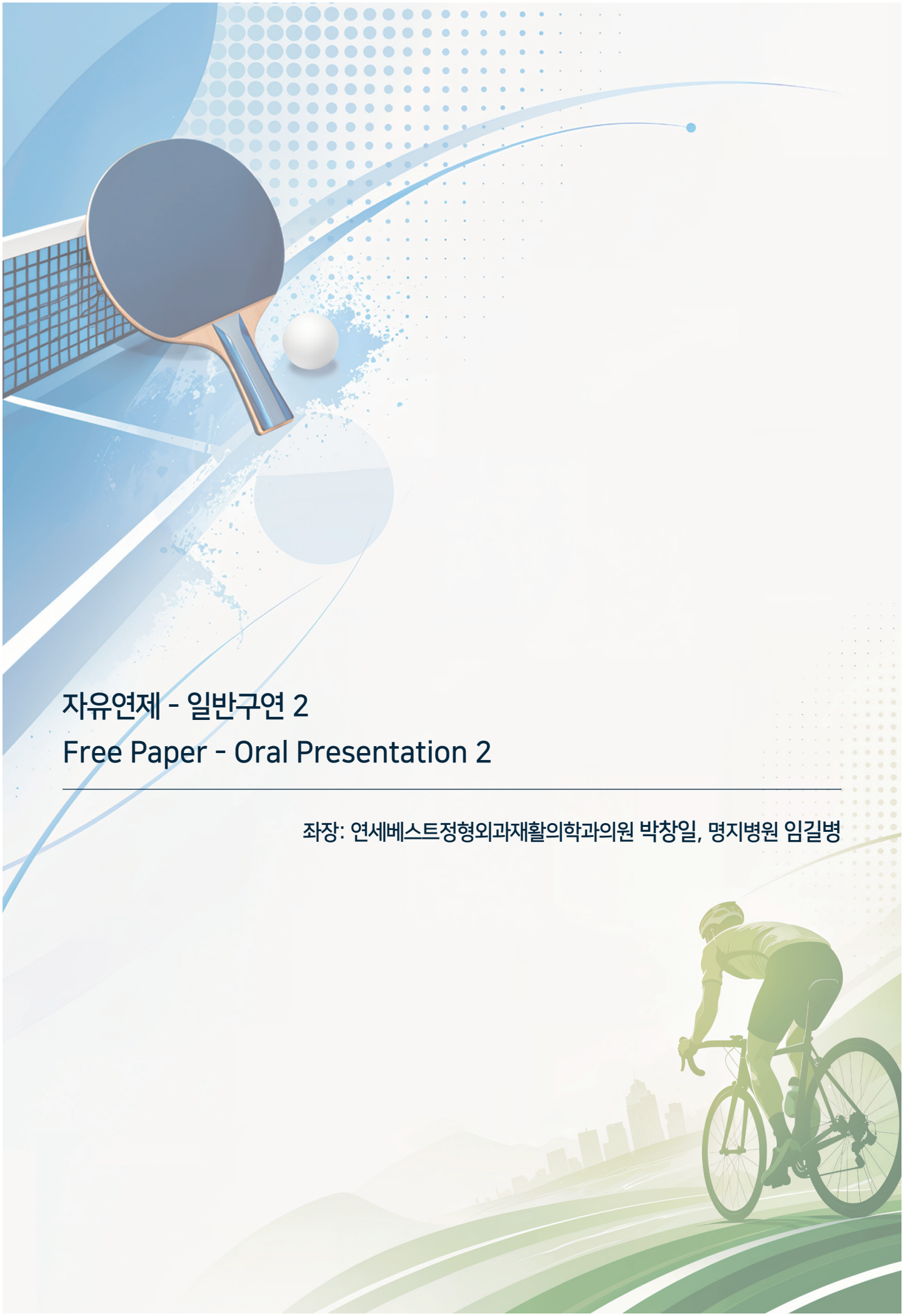
결론

Three-month postoperative isokinetic strength profiles showed limited-to-moderate discrimination for 1-year MRI-based biological outcomes after ACLR. In heavy-load grappling athletes weighing ≥80 kg, an injured-side H/

Q ratio of ≤40.0% at 3 months may serve as a high-specificity early risk marker for poor graft maturation.

키워드

anterior cruciate ligament reconstructrion / machine learning / isokinetic strength / graft maturation / Ssireum



자유연제 - 일반구연 2
Free Paper - Oral Presentation 2

좌장: 연세베스트정형외과재활의학과의원 박창일, 명지병원 임길병

자가 대퇴사두근건을 이용한 전방십자인대 재재건술의 임상적 결과

서울점프정형외과

하정구, 박재범, 이승엽, 공두환

목적

전방십자인대(ACL) 재건술의 빈도가 증가함에 따라 재수술의 필요성도 높아지고 있다. 자가이식물은 일반적으로 재수술 환경에서 더 나은 결과를 보이는 것으로 알려져 있으나, 최적의 이식물 선택에 대해서는 여전히 논의가 이루어지고 있다. 본 연구는 자가 대퇴사두근건(QTB, quadriceps tendon bone graft)을 사용한 ACL 재재건술의 임상적·기능적·심리적 결과를 평가하고자 하였다.

대상 및 방법

최소 12개월의 추시 기간을 갖춘 QTB를 이용한 ACL 재재건술 시행 환자 42명을 전향적으로 분석하였다. 임상 평가는 수술 전, 수술 후 3개월, 6개월, 12개월 시점에 시행되었다. 평가 도구로는 환자 보고 결과 척도(IKDC, Lysholm, Tegner), 심리적 준비도(ACL-RSI), 등속성 근력 검사(60°/s), 동적 균형 검사(Y-balance test), 기능적 수행 능력 검사(단일 다리 도약 검사)가 포함되었다.

결과

연구에는 42명의 환자(평균 연령 27.4세, 남성 30명)가 포함되었다. 술 후 12개월 시점에서 모든 임상 점수에 걸쳐 유의미한 향상이 관찰되었으며, Lysholm 점수 평균 85.5점, IKDC 점수 평균 82.1점을 기록하였다. ACL-RSI 평균 점수는 60.2점에 도달하여 심리적 준비도의 개선을 나타냈다. 등속성 근력 검사 결과 양호한 회복 양상이 확인되었으며 60°/s에서 신전 결손 10.5%, 굴곡 결손 9.3%를 보였다. 또한 Y-balance test의 사지 대칭 지수(LSI)는 85.8%, single leg hop test에서는 89.3%를 기록하여 동적 안정성 및 기능적 파워의 회복을 보여주었다.

결론

자가 QTB를 이용한 ACL 재재건술은 술 후 1년 추시에서 양호한 임상적·기능적 결과를 보인다. QTB 이식건은 ACL 재재건술에서 충분한 안정성과 기능적 회복을 제공하는 신뢰할 수 있고 효과적인 대안임을 알수 있다.

키워드

전방십자인대 재재건술 / 자가 대퇴사두근건 / patient reported outcome

웨어러블 MMG·FMG 센서를 이용한 실시간 대퇴사두근 회복 모니터링: 임상 파일럿

[1]한국전자통신연구원, [2]인하대병원 정형외과, [3]세종스포츠정형외과
김윤정[1], 진한빛[1], 서새롬[1], 원사무엘재윤[2], 지하은[2], 김혜진[1], 차민석[3], 류동진[2]

목적

After ACL injury, impairment of the motor neuron pool can lead to reduced quadriceps strength and muscle volume. Recovery of quadriceps function is also one of the key criteria for return to sports after ACL reconstruction. Assessment of functional recovery during rehabilitation following knee surgery, currently relies largely on subjective clinical evaluations or torque measurements obtained using isokinetic dynamometers (e.g., Biodex). However, these approaches has several limitations, including high cost, limited accessibility, the need for trained technicians, and short-duration assessments. Although electromyography (EMG) has been explored as an alternative, its clinical applicability is constrained by signal artifacts arising from sweat, variations in skin impedance, and potential skin irritation caused by adhesive electrodes. In this study, we propose a wearable combining mechanomyography (MMG) and force myography (FMG) sensors that operates without direct skin contact to quantitatively assess muscle status and functional recovery during rehabilitation, and to validate its clinical reliability through comparison with magnetic resonance imaging (MRI) and Biodex measurements.

대상 및 방법

A pilot case study was conducted in ten patients (8 males, 2 females) at four months after ACLR, consisting of four evaluation sessions at six-week intervals (IRB No. IUH 2024-05-001). First, we used a DIC system to analyze quadriceps volume change and contraction during 60-degree isokinetic exercise. Based on these findings, MMG and FMG sensors were arranged in a multi-channel array configuration. The participant performed isometric contractions at 60° and isokinetic contractions from 110° to 60° at 60°/s while wearing a strap-type MMG/FMG sensor on the rehabilitated thigh.The sensor vibration signals and Biodex torque data were acquired simultaneously, and a Muscle Quality Index (MQI) was extracted from the MMG signals. Structural muscle changes were evaluated using MRI by measuring the cross-sectional area (CSA) of the quadriceps muscles 15

cm proximal to the patella, while whole-body skeletal muscle mass was assessed using InBody analysis.

결과

All of the volunteers were athletes or semi-professional level who have good muscle quality. As rehabilitation progressed, the summed CSA of the quadriceps muscles (VM, RF, VL, and VI) increased at the proximal measurement site. Functionally, The mean Biodex peak torque improved from 126.2 Nm(± 34.9) to 174.6 Nm (± 46.8) at POD 9M, and skeletal muscle mass increased from 32 kg to 34 kg. The sensor-derived MQI exhibited a consistent upward trend over the rehabilitation period. Pearson correlation analysis revealed a strong correlation between MQI and the MRI-based summed quadriceps CSA (r = 0.91), as well as between MQI and Biodex peak torque (r = 0.87). These results indicate that the wearable sensor-derived MQI shows high agreement with gold-standard MRI and Biodex measurements, confirming its ability to reflect both structural and functional muscle recovery in patients following ACLR surgery.

결론

The wearable stretchable MMG, FMG sensor device demonstrates high clinical agreement with MRI and isokinetic dynamometry, effectively capturing both structural and functional muscle recovery. This technology therefore holds significant promise as a quantitative tool for out-of-hospital monitoring, enabling continuous, quantitative rehabilitation assessment beyond clinical settings and into home environments.

키워드

ACL injury / Quad muscle evaluation / wearable device

Tampa Scale of Kinesiophobia-17 한국판 번역·문화적 적응 연구

서울점프정형외과, 몸과마음센터

이승엽, 공두환, 박재범, 구나윤, 이지윤, 옥차형, 김하경, 하정구

목적

한국 환자들의 무릎 수술 이후 스포츠 복귀를 위한 심리적 상태를 평가하기 위해 Tampa Scale of Kinesiophobia – 17 (TSK-17)을 한국어로 번역하고 문화적 적응을 거쳐 한국판 TSK-17 (TSK-17 Kr)을 개발하는 것이다. 또한, 무릎 수술 직후 환자를 대상으로 해당 도구의 타당도를 검증함으로써, 무릎 수술 후 1주이내의 환자의 심리 상태를 확인해 보고자 한다.

대상 및 방법

본 연구는 스포츠 재활 치료가 필요한 만 13세 이상 65세 이하의 환자 110명을 대상으로 진행하였다. Tampa Scale for Kinesiophobia-17 (TSK-17)은 Guillemin이 제시한 지침에 따라 한국어판 TSK-17 (TSK-17 Kr)으로 교차 문화적 적응을 수행하였다. TSK-17 Kr의 타당도 검증을 위하여 International Knee Documentation Committee (IKDC), Pain Catastrophizing Scale (PCS), Patient Health Questionnaire-9 (PHQ-9), General Anxiety Disorder-7 (GAD-7)및 Visual Analogue Scale (VAS)을 평가 도구로 사용하였다. 수집된 데이터를 바탕으로 TSK-17 Kr의 내적 일관성(Cronbach's alpha)및 구성 타당도(Construct validity)를 평가하였으며, 특히 무릎 수술 1주 이내 환자들의 심리적 특징들을 고찰하였다.

결과

총 110명의 환자(남성 85명, 여성 25명)가 연구에 포함되었습니다. 평균 연령은 만30.2 ± 10.2세였습니다. 내적 일관성은 높았으며(Cronbach's alpha, 0.829), 바닥 효과와 천장 효과는 10% 미만으로 확인되었습니다. PCS, PHQ-9, GAD-7, VAS. IKDC와의 상관분석을 통해 구성 타당도를 평가한 결과 TSK-17 Kr은 PCS와 중간 정도의 유의한 상관(r = .521, p < .001)을 보였으며, PHQ-9(r = .333, p < .001), GAD-7(r = .335, p < .001), VAS(r = .247, p = .009) 와도 유의한 상관관계를 나타냈다. 반면, IKDC(r = -.108, p = .259)는 통계적으로 유의한 상관관계가 관찰되지 않았다.

결론

본 연구를 통해 한국판 TSK-17(TSK-17 Kr)이 무릎 수술 직후 환자의 운동 공포증을 평가하는 신뢰도 높은 도구임을 확인하였다. 운동 공포증은 신체적 기능(IKDC)과 독립적인 경향을 보이므로 재활 과정에서 이를 분리하여 평가할 필요가 있다.

키워드

Tampa Scale of Kinesiophobia / Cross cultural adaptation / knee surgery

극하건 보존 후방 관절낭 고정술을 이용한 만성 전방 견관절 불안정성 치료

계명대 동산병원

최채은

목적

Arthroscopic remplissage is widely accepted as an adjunct to Bankart repair for off-track Hill–Sachs lesions; however, its role in patients with chronic anterior instability and on-track lesions remains uncertain. Furthermore, conventional remplissage incorporates both the posterior capsule and infraspinatus tendon, raising concerns regarding postoperative restriction of external rotation. The purpose of this study was to evaluate the clinical and radiological outcomes of arthroscopic Bankart repair combined with posterior capsulodesis in patients with chronic anterior shoulder instability and on-track, non-engaging Hill–Sachs lesions.

대상 및 방법

This retrospective case series included patients with chronic anterior shoulder instability who underwent arthroscopic Bankart repair combined with posterior capsulodesis. Inclusion criteria were two or more instability episodes, symptom duration of at least 6 months after the initial dislocation, glenoid bone loss ≤15% with an on-track, non-engaging Hill–Sachs lesion. Patients with off-track lesions, glenoid bone loss >15%, multidirectional or posterior instability, bony Bankart lesion, or acute first-time dislocation were excluded. Clinical outcomes were assessed using the subjective shoulder value (SSV), VAS, ROWE score, range of motion, and recurrent instability. MRI was obtained immediately after surgery and at 12 months was used to evaluate the integrity and healing of the posterior capsulodesis construct.

결과

Twenty patients (mean age, 25.8 ± 7.0 years) with a mean follow-up of 17.5 ± 6.1 months were included. Patients experienced a mean of 5.2 instability episodes (range, 2–19), and the mean glenoid bone loss was 3.5% (range, 0–13%). Clinical outcomes improved significantly at final follow-up, with the mean SSV increasing from 45.7 to 86.3, the mean VAS pain score decreasing from 5.2 to 0.8, and the mean Rowe score improving from 56.1 to 91.8 (all P < .001). Full shoulder range of motion was restored in all patients, with a mean external rotation deficit of only 5.5° compared with the contralateral shoulder. No patient experienced recurrent instability or required

revision surgery. Immediate postoperative MRI confirmed appropriate positioning of the posterior capsulodesis construct within the Hill–Sachs defect. At 12-month follow-up, MRI demonstrated successful incorporation of the posterior capsule into the defect while preserving normal infraspinatus tendon integrity in all patients.

결론

Arthroscopic Bankart repair combined with infraspinatus-sparing posterior capsulodesis provided excellent short-term clinical and structural outcomes in patients with chronic anterior shoulder instability and on-track, non-engaging Hill–Sachs lesions. This technique restored shoulder stability without recurrent instability while preserving the infraspinatus tendon, suggesting that posterior capsulodesis may represent a promising soft-tissue augmentation strategy for selected patients and a potential alternative to conventional capsulotenodesis.

키워드

어깨탈구 / 관절경 / 스포츠손상

고강도 활동 직업군 환자에서 발견된 숨겨진 경추 척수병증

국립경찰병원

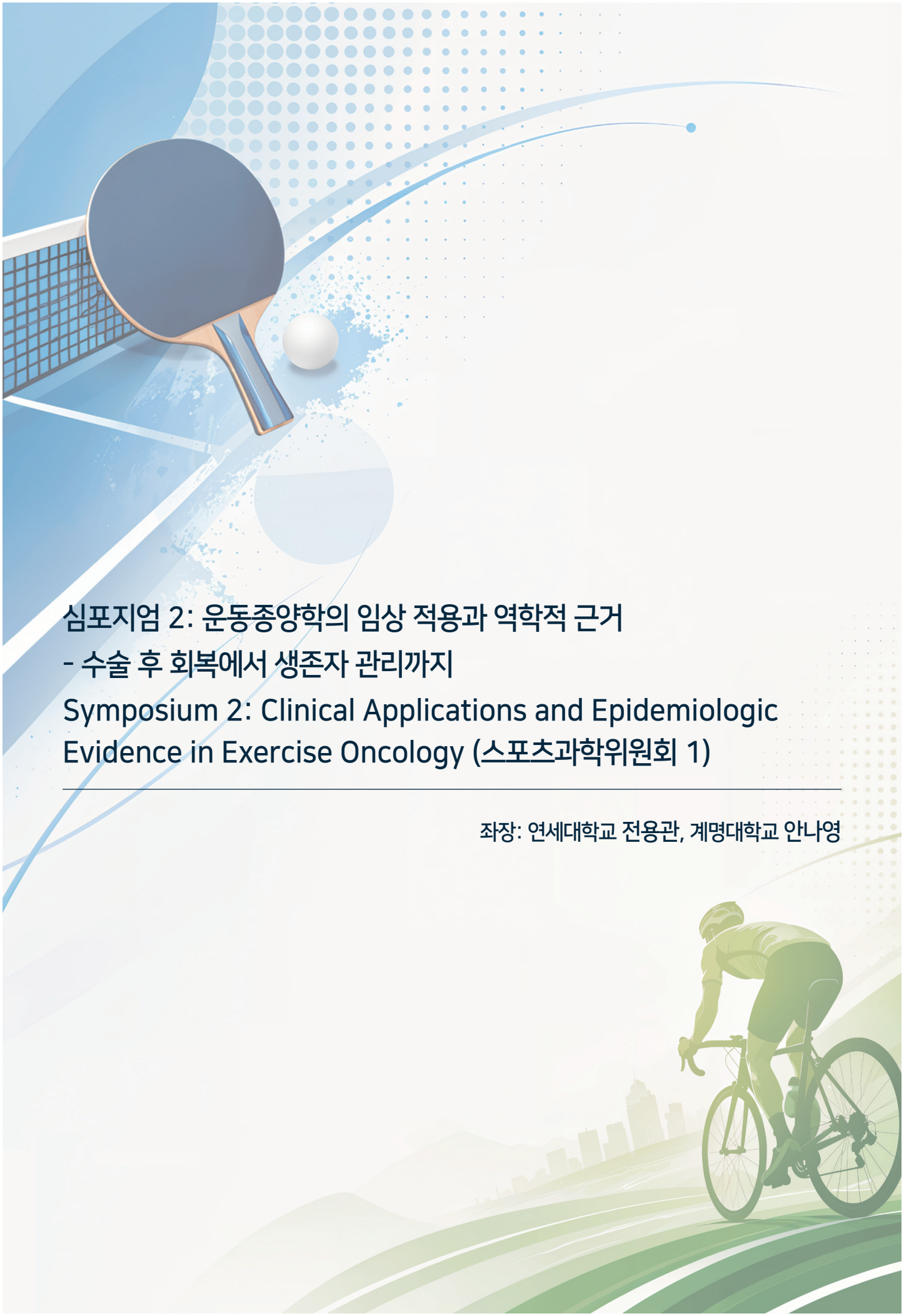
주성근, 김인희, 김건중, 백승현

본문 (증례)

경찰병원 정형외과에서 경추 신경근병증(cervical radiculopathy)에 대한 수술적 적응증을 만족하여 전방경추간판절제술 및 유합술(anterior cervical discectomy and fusion, ACDF)을 시행받은 현직 경찰관 2례를 후향적으로 분석하였다. 두 환자 모두 수술 전 경도의 tandem gait 이상(Yoo grade ≥2)을 동반한 보행장애를 호소하였으며, 중립 자세 MRI상 Kang grade 1-2에 해당하는 경도~중등도의 경수 압박 소견을 보였고, 뇌병변·전정기관 질환·요추 질환·말초신경병증·주요 근골격계 질환 등 보행장애를 유발할 수 있는 다른 원인들은 정밀검사를 통해 배제되었다. 증례 1은 53세 여성으로 4년간 지속된 경부통 및 양측 상지 방사통, 수부 어눌함을 주소로 내원하였다. 이학적 검사상 Hoffmann 징후 양성 및 tandem gait 이상이 확인되었으며, 근전도·신경전도검사는 정상이었다. 영상 검사상 경도의 retrolisthesis, C6-7 level에서 좌측 추간공 협착과 함께 중등도의 중심관 협착 및 척수 압박 소견이 관찰되어 C6-7 level ACDF를 시행하였다. 증례 2는 57세 남성으로 15년간 지속된 우측 상지 방사통을 주소로 내원하였으며, 과거 C5-6 유합술 및 경추 후방 척추공확장술(PCF) 병력이 있었다. 이학적 검사상 Hoffmann 징후 양성, tandem gait 이상, 좌측 수부 어눌함이 관찰되었고, 근전도·신경전도검사상 우측 C5-6 신경근병증 및 다발신경병증 소견이 확인되었다. 영상 검사상 기존 유합 부위의 인접 분절인 C4-5 level에서 retrolisthesis 및 경도의 중심관 협착이 확인되어 C4-5 level ACDF를 시행하였다. 두 환자 모두 술 후 추적 MRI에서 척수 압박이 호전된 양상을 확인하였으며, 애초 수술의 목적이었던 방사통 등 신경근병증 증상의 호전뿐 아니라, 술 전 관찰되었던 tandem gait 이상 및 보행장애가 술 후 예상치 못하게 함께 호전되는 양상을 보였다.

키워드

숨겨진 경추 척수병증 / 경추 신경근병증 / 보행장애 / Tandem gait / 전방경추간판절제술 및 유합술



심포지엄 2: 운동종양학의 임상 적용과 역학적 근거 - 수술 후 회복에서 생존자 관리까지

Symposium 2: Clinical Applications and Epidemiologic Evidence in Exercise Oncology (스포츠과학위원회 1)

좌장: 연세대학교 전용관, 계명대학교 안나영

이태호

학력

연세대학교 스포츠레저학과 학사

연세대학교 일반대학원 스포츠응용산업학과 석사

연세대학교 일반대학원 스포츠응용산업학과 박사과정(진행중)

주요 경력

1. 연세암병원 기획총서 《예방부터 난치성 위암까지, 위암 완전 정복의 길》 공동 저자
2. 세브란스 암병원 운동상담사
3. 파라아이스하키 국가대표팀 아이스 트레이너
4. 대한민국 U-18 아이스하키 국가대표팀 선수

현재 소속 및 직위

연세대학교 일반대학원 스포츠응용산업학과 박사과정

대표논문

1. Lee, T. H., Park, D. H., Kim, H. Y., Lee, Y. J., Lee, D. H., Lee, H. S., ... & Jeon, J. Y. (2026). Early postoperative exercise enhances recovery after gastrectomy: a randomized clinical trial. International Journal of Surgery.
2. Lee, M. K., Lee, C. J., Goo, S. Y., Lee, T. H., Moon, J. Y., Jung, J., ... & Jeon, J. Y. (2024). Development and application of a home-based exercise program for patients with cardiovascular disease: a feasibility study. BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation, 16(1), 51.
3. Lee, D. H., Park, D. H., Lee, T. H., Giovannucci, E. L., Park, S. H., Cho, M., ... & Kim, H. I. (2025). Association between resting heart rate and prognosis in patients with gastric cancer. Scientific reports, 15(1), 6561.

위절제술 위암 환자에서 수술 후 운동중재: RCT 결과와 임상적 함의

연세대학교
이태호

Objectives

To evaluate whether an early structured postoperative exercise program accelerates recovery of physical function following gastrectomy.

Methods

This two-arm randomized clinical trial was conducted at a tertiary referral center in Seoul, South Korea. Patients with stage I-III gastric cancer scheduled for minimally invasive gastrectomy (n=52) were randomized 1:1 to early postoperative exercise or usual care. The intervention included inpatient exercise sessions (15-30 minutes, postoperative days 1-2) and a 4-week home-based program with two weekly remote sessions and daily self-directed aerobic and resistance exercise. The primary outcome was recovery of physical function, defined as a Short Physical Performance Battery (SPPB) score ≥100% of baseline. Secondary outcomes included SPPB total score, C-reactive protein, grip strength, sit-to-stand, and complications. Analyses followed the intention-to-treat principle.

Results

Fifty-one patients were analyzed, and 45 (87%) completed the trial. At postoperative day 3, 61.5% of participants in the exercise group achieved full Physical function recovery compared with only 20% in usual care (61.5% vs 20.0%; risk ratio, 3.08 [95% CI, 1.33 to 7.13]; P=.006). At 4 weeks, recovery remained significantly more likely in the exercise group (84.6% vs 52.0%; risk ratio, 1.63 [95% CI, 1.08 to 2.45]; P=.020). C-reactive protein levels were significantly lower over time in the exercise group (P=.022). Grip strength and sit-to-stand did not differ between groups. No exercise-related adverse events occurred.

Conclusion

An early structured postoperative exercise program safely accelerates recovery of physical function and reduces systemic inflammation following gastrectomy. These findings support the integration of early exercise into routine postoperative care and enhanced recovery pathways.

Trial Registration: ClinicalTrials.gov Identifier: NCT06260293

민지희

학력

연세대학교 사회체육학과 학사

연세대학교 스포츠레저학과 석사

연세대학교 스포츠레저학과 박사

주요 경력

연세대학교 원주의과대학 생리학교실, 융합의과학부 박사후 연구원 (2021~2022년)

(사) 대한라이프스타일의학회 이사 (2026~2027년)

현재 소속 및 직위

국립암센터, 국가암관리사업본부, 중앙암생존자통합지지센터, 정책기획팀, 팀장

국립암센터 국제암대학원대학교, 보건AI학과, 조교수

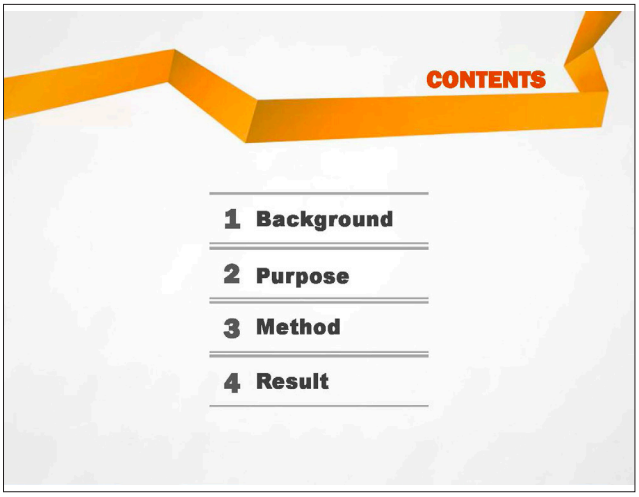
대표논문

1. Min, J., Kim, J. Y., Ryu, J., Park, S., Courneya, K. S., Ligibel, J., ... & Jeon, J. Y. (2024). Early implementation of exercise to facilitate recovery after breast cancer surgery: a randomized clinical trial. JAMA surgery, 159(8), 872-880.
2. Min, J., An, K. Y., Park, H., Cho, W., Jung, H. J., Chu, S. H., ... & Kim, N. K. (2023). Postoperative inpatient exercise facilitates recovery after laparoscopic surgery in colorectal cancer patients: a randomized controlled trial. BMC gastroenterology, 23(1), 127.
3. Min, J., Oh, M., Chang, E., Choi, J. Y., An, K. Y., & Kong, I. D. Cardiorespiratory fitness, adiposity, and metabolic risk in breast cancer survivors: links with circulating WISP-1 and WISP-3. The Korean journal of physiology & pharmacology: official journal of the Korean Physiological Society and the Korean Society of Pharmacology.

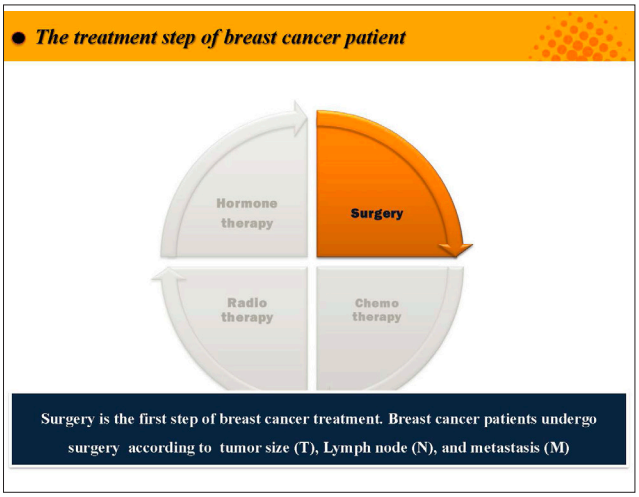
유방암 수술 직후 맞춤형 운동중재: 어깨 기능 회복과 삶의 질 향상

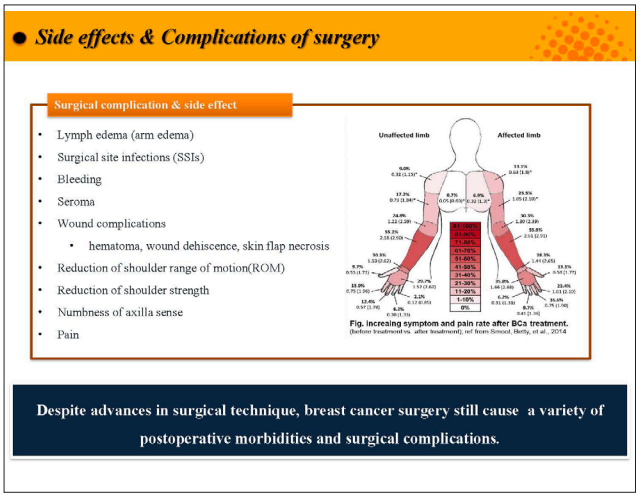
국립암센터

민지희

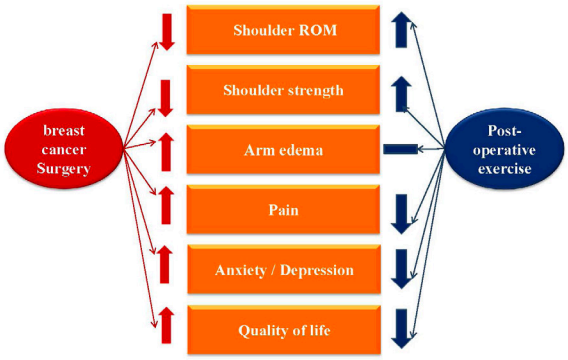








Effect of postoperative exercise for breast cancer patients



Limitations of previous studies

- **Insufficiency** of studies which observed the change of shoulder function in postoperative breast cancer patients.
- **Controversial results** in the effect of postoperative exercise breast cancer patients.
- **Lack of evidence-based exercise program** for postoperative breast cancer patients.

There are lack of information in optimal timing to exercise, exercise type and exercise volume (intensity, duration) for postoperative breast cancer patients.

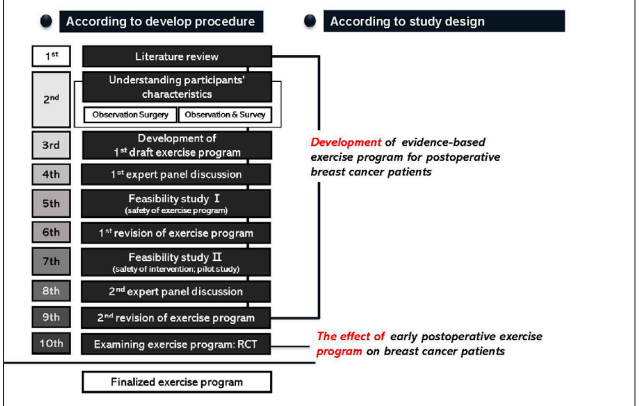
The purpose of current study was

Purpose I To develop an evidence-based exercise program for postoperative breast cancer patients.

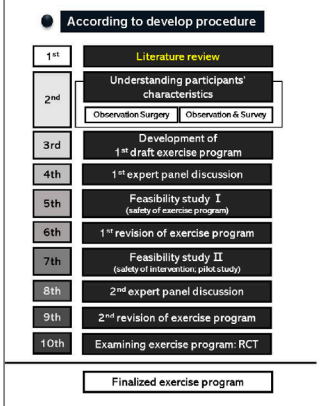
Purpose II To examine the effectiveness of the exercise program by randomized controlled trials (RCT) study.

Methods & Results

Study design



Study design



step1: Literature review

*Search terms: [((((((exercise[MeSH Terms]) OR exercise) OR postoperative exercise) OR inpatient exercise)) AND (((breast cancer) OR breast carcinoma[MeSH Terms]) OR breast neoplasms[MeSH Terms])) AND ((((((surgery) OR postoperative) OR mastectomy) OR Lumpectomy) OR partial mastectomy) OR breast reconstruction) Filters: Clinical Trial; Humans].

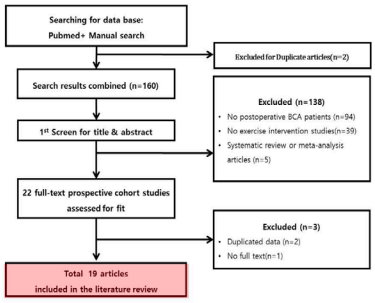


Figure. Flow diagram of literature review

step1: literature review

- Summary of previous study

The purpose of postoperative exercise program was **improving shoulder ROM or shoulder function**

The **duration** of intervention range was **minimum 10 days to maximum 1 year.** **Intervention type** was supervised exercise program 6, home-based EX 5, Both 3

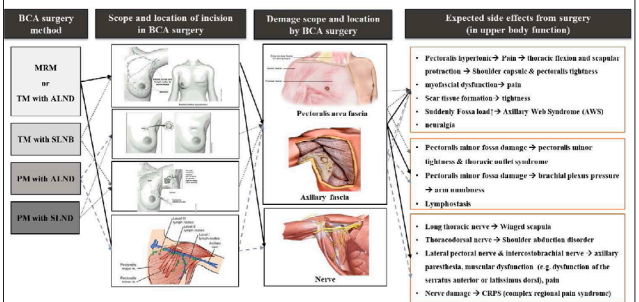
Major target muscle in previous stud were pectoralis major, trapezius, rotator cuff muscle, deltoid, latissimus dorsi, rhomboids, coracobrachialis, serratus anterior, Biceps brachii

There were **controversial results** in shoulder function and ROM in previous studies which were performed exercise before less than 2 weeks (before drain removal) after surgery.

Lack of the evidence-based exercise program in early recovery phase after breast cancer surgery.

step2-1: Understanding participants' characteristics: observation surgery

Breast cancer surgical content and the effect of surgery on shoulder function.



The contents of the figure were reviewed by one breast surgeon and one professor of rehabilitation medicine.
Source from: El-Tamer, M. (2012). Principles and techniques in oncoplastic breast cancer surgery. World Scientific. Dixon, J. M. (Ed.). (2013). Breast Surgery: Companion to Specialist Surgical Practice. Elsevier Health Sciences. Abbreviations: modified radical mastectomy: MRM, total mastectomy with axillary lymph node dissection: TM with ALND, total mastectomy with sentinel lymph node biopsy; TM with SLNB, partial mastectomy with axillary lymph node dissection; PM with ALND, partial mastectomy with sentinel lymph node biopsy; PM with SLNB.

step2-2: Understanding participants' characteristics: observation & survey

- According to develop procedure

1st	Literature review
2nd	Understanding participants' characteristics (Observation Surgery / Observation & Survey)
3rd	Development of 1st draft exercise program
4th	1st expert panel discussion
5th	Feasibility study I (safety of exercise program)
6th	1st revision of exercise program
7th	Feasibility study II (safety of intervention; pilot study)
8th	2nd expert panel discussion
9th	2nd revision of exercise program
10th	Examining exercise program: RCT

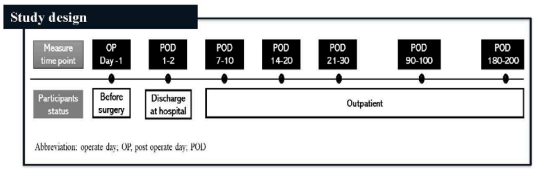
Finalized exercise program

step2-2: Understanding participants' characteristics: observation & survey

Participant's inclusion criteria

- Stage 0 to III breast cancer patients
- 19-70 years of age
- Able to read and understand Korean
- willingness to participate in the study even after understanding the observational study procedure.

Study design



Abbreviation: operate day; OP, post operate day; POD

step2-2: Understanding participants' characteristics: observation & survey

Measurement variables

Measurement factors	details
Shoulder function	• Shoulder Range Of Motion (ROM): Flexion, Extension, abduction • Shoulder strength (using by hand-held dynamometer): Flexion, Extension, abduction
Disability of arm, shoulder, and hand	• The Disability of Arm, Shoulder, and Hand Questionnaire (DASH)
Demographic and medical information	• using self-report measures and via medical chart review • education level, marital status, house income, and occupancy • surgery method, site of surgery, duration of surgery, and clinical treatment stage.

Statistical analysis

- The entire data was analyzed using a parametric method after testing for the normality of distribution using the Shapiro-Wilk test.
- Changes in shoulder ROM, strength, and DASH scores were evaluated using univariate repeated-measure analysis of variance (RM-ANOVA). When the difference was statistically significant, a post-hoc comparison between the baseline and each measurement point was carried out.
- The post-hoc test was performed using the paired t-test with Bonferroni's method. After baseline value adjustment, covariance analysis was used to compare the affected and unaffected arms' differences.
- All statistical analyses were performed using SPSS version 25 software (IBM Corp., Armonk, NY, USA), and statistical tests were two-tailed with a 95% significance level.

step2-2: Understanding participants' characteristics: observation & survey

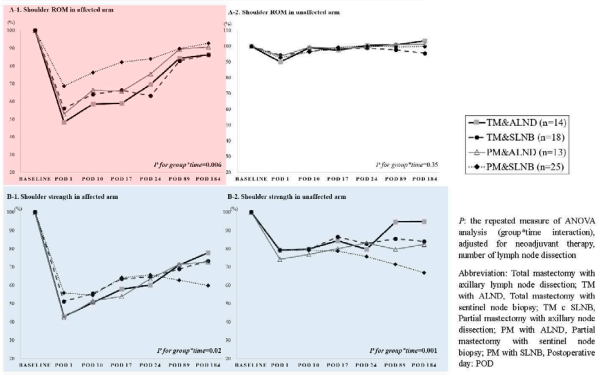
The result of observation and survey (n=70)

Variable (N=70)	TM & ALND (N=14)	TM&SLNB (N=18)	PM&ALND (N=13)	PM&SLNB (N=25)	*P*
Age (years)	51.3±9.9	57.7±7.3	53.1±6.8	53.0±10.1	0.20
Weight (kg)	59.4±8.3	59.2±11.4	63.6±7.3	59.6±9.1	0.55
BMI (kg/m²)	23.3±3.2	24.5±3.9	25.8±2.7	24.2±3.2	0.30
Muscle mass (kg)	22.0±2.0	21.4±2.9	22.4±2.0	21.2±2.8	0.57
Fat (%)	29.4±4.8	30.8±7.1	32.7±6.6	33.4±6.1	0.23
Stage (n, %)					
0	2 (8.3)	8 (33.3)	4 (16.7)	10 (41.7)	**<0.001**
1	4 (13.8)	8 (27.6)	2 (6.9)	15 (51.7)	
2	4 (33.3)	2 (16.7)	6 (50.0)	0	
3	4 (80.0)	0	1 (20.0)	0	
Surgery site (n, %)					
Right	8 (20.0)	10 (25.0)	6 (15.0)	16 (40.0)	0.77
Dominant arm	9 (20.5)	11 (25.0)	7 (15.9)	17 (38.6)	0.86
Dissected LNs	16 (4-35)	7 (3-16)	18 (10-26)	6 (1-12)	**0.02**
Surgery duration (min)	111.0±34.4	82.5±19.2	116.8±54.4	85.6±34.0	**<0.001**
Drainage removal day (n, %)					
1st outpatient visit (POD 10)	3 (18.8)	2 (12.5)	1 (6.3)	10 (62.5)	**0.04**
2nd outpatient visit (POD 17)	10 (27.0)	9 (24.3)	6 (16.2)	112 (52.4)	
3rd outpatient visit (POD 24)	0	6 (54.5)	3 (27.3)	2 (18.2)	
After 3rd outpatients visit	1 (16.7)	1 (16.7)	3 (50.0)	1 (16.7)	
Neoadjuvant chemotherapy					
Yes	12 (85.7)	2 (11.1)	10 (76.8)	4 (16.0)	**<0.001**

Values are presented as Mean±SD or n (%), Dissected LNs are showed median (minimum to maximum range)
Abbreviation: Total mastectomy with axillary lymph node dissection; TM with ALND, Total mastectomy with sentinel node biopsy; TM with SLNB, Partial mastectomy with axillary node dissection; PM with ALND, Partial mastectomy with sentinel node biopsy; PM with SLNB, Lymph Nodes; LNs, Post Operate Date; POD

step2-2: Understanding participants' characteristics: observation & survey

The change of shoulder ROM & strength by surgical method (n=70)



P: the repeated measure of ANOVA analysis (group*time interaction), adjusted for neoadjuvant therapy, number of lymph node dissection

Abbreviation: Total mastectomy with axillary lymph node dissection; TM with ALND, Total mastectomy with sentinel node biopsy; TM c SLNB, Partial mastectomy with axillary node dissection; PM with ALND, Partial mastectomy with sentinel node biopsy; PM with SLNB, Postoperative day; POD

step2-2: Understanding participants' characteristics: observation & survey

Comparison of the difference in recovery parameters after 1 month of surgery according to the level of recovery of upper limb function at 1st week outpatient visit in breast cancer patient (n=70)

	Delayed recovery (n=22)	Middle recovery (n=25)	Early recovery (n=23)	*P*
ROM at 6 months				
Affected				
Flexion	160.1±3.2	165.8±3.0	165.6±3.2	0.36
Abduction	125.7±6.8	142.3±6.4	147.3±6.7	0.07
Extension	44.2±1.9	46.1±1.8	45.9±1.9	0.72
Unaffected				
Flexion	174.6±1.7	171.4±1.6	175.4±1.7	0.20
Abduction	164.3±4.8	160.4±4.5	171.7±4.8	0.24
Extension	47.7±1.7	47.8±1.6	48.4±1.7	0.95
Strength at 6 months				
Affected				
Flexion	8.0±0.5	9.6±0.4*	10.2±0.5*	**<0.01**
Abduction	7.3±0.5	8.4±0.5	9.3±0.5*	**0.03**
Extension	14.7±0.7	15.4±0.7	15.5±0.7	0.63
Unaffected				
Flexion	9.7±0.5	10.5±0.5	10.5±0.6	0.40
Abduction	9.1±0.5	10.2±0.5	10.5±0.5	0.10
Extension	16.8±0.9	17.3±0.8	16.1±0.9	0.60
DASH score at 6 months				
	17.9±3.2	10.7±3.0	12.4±3.2	0.24
EQ5D QoL at 6 months				
VAS	79.5±2.9	81.3±2.7	76.5±2.8	0.48
INDEX	0.688±0.03	0.772±0.02*	0.701±0.03	**0.04**

MEAN±SE. Early recovery= Shoulder ROM at affected side recovered over than 75.6% of baseline and Shoulder strength at affected side recovered over than 60% of baseline at POD10. Middle recovery= Shoulder ROM at affected side recovered over than 75.6% of baseline or Shoulder strength at affected side recovered over than 60% of baseline at POD10.adjusted for neo-adjuvant status, the number of dissected LNs, *p<0.05 vs. delayed recovery

Summary of step 1 and 2

Summary of previous study

- **Controversial results** in shoulder function and ROM in previous studies.
- **No evidence in exercise program** (exercise type, contents, initiation exercise, intensity).

Observation surgery

- Breast cancer surgery has **different effects on shoulder function.**

Observation shoulder function

- Immediately after breast cancer surgery, **the both arms ROM and strength are reduced.** Even after one month of surgery, the shoulder function did **not fully recover.**
- There are **differences in the recovery level** of the shoulder function by surgical method.
- **The faster the early recovery** of upper extremities after surgery, **shoulder function ↑ , quality of life ↑ , and pain and shoulder discomfort ↓ .**

Need for an evidence-based exercise program for postoperative breast cancer patients.

Early phase, recovery status

step3: Development of 1st draft exercise program

According to develop procedure

- 1st: Literature review
- 2nd: Understanding participants' characteristics (Observation Surgery | Observation & Survey)
- 3rd: Development of 1st draft exercise program
- 4th: 1st expert panel discussion
- 5th: Feasibility study I (safety of exercise program)
- 6th: 1st revision of exercise program
- 7th: Feasibility study II (safety of intervention; pilot study)
- 8th: 2nd expert panel discussion
- 9th: 2nd revision of exercise program
- 10th: Examining exercise program: RCT

→ Finalized exercise program

step3: Development of 1st draft exercise program

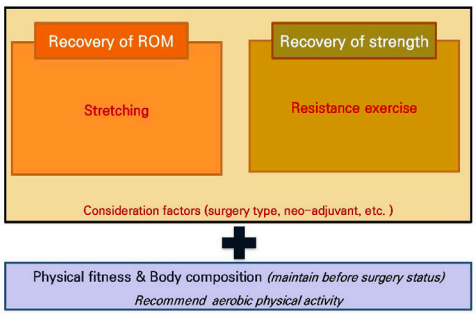
The goal of postoperative breast cancer exercise program

1. **Early recovery of shoulder ROM**
   - Stretching of upper body (tightness muscle).
2. **Early recovery of shoulder strength**
   - Resistance exercise program (week muscle).
3. **Reduce pain and discomfort after breast cancer surgery**
   - Early recovered shoulder function, fitness level

→ **Facilitate shoulder function recovery after breast cancer surgery**

step3: Development of 1st draft exercise program

Development of exercise program (Based on step 1 &2 results)



step3: Development of 1st draft exercise program

1st draft exercise program → stretching

Table. 1st draft exercise program for postoperative BCA patients (stretching)

No.	Exercise name	Position	Intensity	Agonist muscle	Antagonist muscle
1	Neck stretching	Standing or sitting	Super low ~	flexion: splenius capitis, splenius cervicis extension: sternocleidomastoid lateral flexion: sternocleidomastoid	-
2	shoulder circle		Super low Low	shoulder joint	-
3	Arm circle (flexion & abduction)		Moderate	shoulder joint	-
4	breaststroke		Middle/high	Pectoralis major, deltoid (anterior)	Trapezius, rhomboid major
5	Pec stretching (diagonal twist)		Moderate Middle/high	Pectoralis major/ minor, anterior deltoid, coracobrachialis	Trapezius, latissimus dorsi, infraspinatus
6	pendulum exercise	Standing	Super low Low	rotator cuff (deltoid, supraspinatus, infraspinatus, subscapularis)	-
7	Wall shoulder stretching (alternative or both)		Low Moderate Middle/high	pectoralis major, pectoralis minor, anterior deltoid	Erector spinae
8	Wall upper body stretching (beginner/ advanced)		Super low ~	abdominal muscle (transverse abdominis, external oblique, internal oblique, rectus abdominis)	-
9	Wall pec stretching		Moderate Middle/high	Pectoralis major/minor, anterior deltoid	
10	Y-stretching		Middle/high	pectoralis major, anterior deltoid	Rhomboid major/minor, trapezius, latissimus dorsi

step3: Development of 1st draft exercise program

1st draft exercise program → resistance exercise

Table. 1st draft exercise program for postoperative BCA patients (resistance exercise)

No.	Exercise name	Position	Intensity	Agonist muscle	Antagonist muscle
1	Rowing or shoulder retraction	Standing or sitting	Super low Low	Latissimus dorsi, teres major/minor, infraspinatus, trapezius (middle) *Shoulder retraction: Rhomboid major/minor, trapezius	Pectoralis major, anterior deltoid
2	Fist clench			Antebrachial muscles	-
3	Palm push		Low	Pectoralis major, anterior deltoid, biceps brachii, forearm muscle	Triceps, posterior deltoid
4	Isometric chest (beginner/advanced)		Moderate Middle/high	pectoralis major, pectoralis minor, anterior deltoid	Latissimus Dorsi, deltoid (posterior), Trapezius, Rhomboids
6	W rowing		Moderate	latissimus dorsi, trapezius middle/low, teres major/ minor	pectoralis major, anterior deltoid
7	Seated core exercise (chair bicycle)	Sitting	Middle/high	Rectus abdominis, transversus abdominis, quadriceps femoris (rectus femoris, vastus lateralis, medialis, intermedius)	Gluteus maximus
8	Wall pointer	Standing	Moderate	Erector Spinae, Gluteal Maximus	Iliopsoas muscle (psoas major, iliacus)
9	Wall pelvic tilt		Middle/high	Transversus abdominis, Rectus abdominis	-
10	Wall push with elbow		Moderate	Rhomboid major/minor, trapezius, posterior deltoid, teres major/minor, infraspinatus	Pectoralis major, anterior deltoid
11	Wall side push-up (only non-surgery arm)		Middle/high	Anterior deltoid, biceps brachii, pectoralis Major	Latissimus dorsi, trapezius, rhomboids
12	Calf raise		Super low	Gastrocnemius, Soleus	tibialis anterior
13	Isometric lower limb exercise		Low	quadriceps (rectus femoris, vastus lateralis, vastus medialis, vastus intermedius)	Hamstring
14	Chair squat	-	Moderate	Quadriceps (rectus femoris, vastus lateralis, vastus medialis, vastus intermedius), gluteus maximus	Hip flexor (iliopsoas, rectus femoris, Sartorius)
15	Dynamic squat	Standing	Middle/high	Quadriceps, rectus abdominis, iliopsoas Muscles	Gluteus maximus/medius/minimus
16	Lying hip joint exercise	Lying supine	Low ~	lower body adductor muscles (adductor brevis, adductor longus, adductor magnus)	gluteus maximus, medius, minimus, tensor fascia lata, sartorius

step3: Development of 1st draft exercise program

1st draft exercise program → Standard of exercise intensity

Intensity	POD	Standard shoulder function	Patient status	Consideration sign
Super Low	POD 1~9	• Stretching EX - Flex<60° or/& Ab<60° • Resistance EX - Strength FLX<50% of baseline or <80% of non-surgery arm - Strength AB<40% of baseline or <65% of non-surgery arm - Strength H-AB<60% of baseline or <70% of non-surgery arm	• VAS ≥4 • Difficult to change the posture of lying or sitting alone • Need other people's help in getting dressed or undressed • Difficult to hold a plate/rice bowl/ side dish alone.	<Decrease the intensity> • Before removing of drainage • Appeal of heavy weight of armpits • Seroma • fever in surgery site • ALND level 3 surgery • neo-adjuvant chemotherapy patients
LOW		• Stretching EX - Flex≥90°& Ab≥90° • Resistance EX - Strength FLX<50% of baseline or <80% of non-surgery arm - Strength AB<45% of baseline or <65% of non-surgery arm - Strength H-AB<60% of baseline or <70% of non-surgery arm		
Moderate	POD 10~16	• Stretching EX - Flex≥100°& Ab≥90° • Resistance EX - Strength FLX≥50% of baseline or ≥60% of non-surgery arm - Strength AB≥45% of baseline or ≥65% of non-surgery arm - Strength H-AB≥60% of baseline or ≥70% of non-surgery arm	• VAS ≥3 • Removal of drainage • Less uncomfortable to dress or take off • A plate/ rice bowl/ side dish can be held alone • walk more than 20 min a day	
Middle /High	POD 17~21	• Stretching EX - Flex≥120°or/& Ab≥120° • Resistance EX - Strength FLX≥80% of baseline or ≥80% of non-surgery arm - Strength AB≥60% of baseline or ≥70% of non-surgery arm - Strength H-AB≥65% of baseline or ≥75% of non-surgery arm	•VAS<3 • surgical area and armpit are barely tight or greatly improved pain • Little inconvenience in changing clothes • light housework possible (washing, cleaning) • walk more than 30min a day	

The standard shoulder function was average of study 1 results depending on time elapsed after breast cancer surgery. Abbreviation: exercise; EX, flexion; FLX, abduction; AB, horizontal abduction; H-AB, post-operative day; POD, visual analog scale; VAS

step 4 : 1st expert panel discussion

According to develop procedure



Table. Summary of 1st expert panel discussion

Potential benefit of postoperative exercise for BCA patients
• Improve shoulder range of motion of affected arm • Improve shoulder strength of both arms • Improved quality of life • Prevent fitness level decrease
Potential risk of postoperative exercise for BCA patients
• Delayed drainage removes • Delayed wound healing • Increased incidence of seroma • Increased lymphedema
Exercise program for postoperative BCA patients
• Exercise program to recover upper extremity function after BCA surgery. • Individualized exercise program considering patient recovery level and condition • Safe exercise program that do not increase the risk of side effects (i.e. wound infection, lymphedema)

The expert panel gathered to examine the draft exercise program and discuss potential benefits and risk on breast cancer patients after surgery.

step 5 : Feasibility study 1 (safety of exercise program)

According to develop procedure

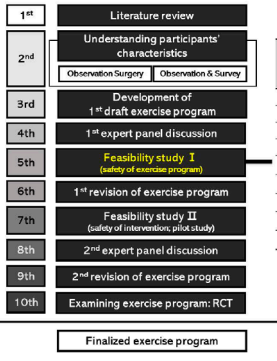


Table. Participants characteristics in feasibility study I

No.	Patient ID	Age	Weight (kg)	BMI (kg/m²)	Surgery method	POD	Drainage removal	Expected EX program
1	A	51	73.7	28.6	PM with SLNB, Lt	8	X	Low
2	B	47	66.1	24.4	MRM, Lt	11	X	Low
3	C	43	57	21.3	PM with SLNB, Lt	1	X	Low
4	D	57	56.3	24.1	PM with SLNB, Lt	15	X	Moderate
5	E	52	60.1	23.1	PM with SLNB, Lt	12	O	Moderate
6	F	57	53.3	21.1	PM with SLNB, Rt	16	O	Moderate
7	G	51	68.2	25.3	PM with SLNB, Rt	20	O	High
8	H	60	54.5	23.3	PM with SLNB, Rt	29	O	High
9	I	53	60	23.4	PM with SLNB, Rt	23	O	High

Abbreviation: partial mastectomy with sentinel lymph node dissection; PM with SLNB, Total mastectomy with axillary lymph node dissection or modified radical mastectomy; MRM, right arm; Rt, left arm; Lt, body mass index; BMI, postoperative day; POD, exercise; EX

step 5 : Feasibility study 1 (safety of exercise program)

The difficulty score in 1st draft exercise movement

Table. The difficulty score in 1st draft exercise movement (0-10 scale)

shoulder retraction	-	-	-	-	-	-	2	1	1
Seated core exercise (chair bicycle)	-	-	-	-	-	-	3	1	0
Calf raise	2	0	0	2	0	0	2	0	0

-: unsuitable intensity of movement (not perform), 10 scale (0: Not Challenging at All to 10: very challenging)

Except for **wall shoulder stretching and chair squat** (the difficulty score: 3 out of 10), the rest were recorded easily to perform (the difficulty score: 0 to 2).

Patients who **did not remove drainage reported discomfort in armpit movement** (i.e., arm circle, shoulder circle).

Wall side push-up and wall push with elbow were the most difficult to understand.

Most participants had a **hard time performing five-sets** of each exercises.

step 5 : Feasibility study 1 (safety of exercise program)

The change of heart rate

Table. The change of heart rate

	Low		Moderate			High			
	C	A	B	E	D	F	G	I	H
	POD1 PM c SLNB, Lt	POD8 PM c SLNB, Lt	POD11 MRM, Lt	POD12 PM c SLNB, Lt	POD15 PM c SLNB, Lt	POD16 PM c SLNB, Rt	POD20 PM c SLNB, Rt	POD23 PM c SLNB, Rt	POD29 PM c SLNB, Rt
Heart rate									
Baseline	76	X	88	84	78	87	91	81	79
1set	92 (52.1%)	X	118 (68.2%)	99 (58.9%)	101 (62%)	111 (68.1%)	121 (71.6%)	120 (71.9%)	121 (75.1%)
2set	112 (63.3%)	X	126 (72.8%)	117 (69.6%)	114 (69.9%)	122 (74.8%)	123 (72.8%)	131 (78.4%)	129 (80.6%)
3set	120 (67.8%)	X	X	132 (79.5%)	129 (79.1%)	129 (79.1%)	129 (76.3%)	135 (80.8%)	133 (83.1%)
4set	-	-	-	X		133 (81.6%)	131 (77.5)	X	X
5set	-	-	-	X		137 (84.0%)	139 (82.2%)	X	X

Data were represented heart rate value (% of maximum heart rate)

The exercise intensities of low, moderate, and high-intensity programs were 52.1% to 72.8%, 58.9% to 84%, and 75.1% to 83.1% of the maximum heart rate (220-age)

step 6 : 1st revision of exercise program

According to develop procedure

- 1st: Literature review
- 2nd: Understanding participants' characteristics (Observation Surgery / Observation & Survey)
- 3rd: Development of 1st draft exercise program
- 4th: 1st expert panel discussion
- 5th: Feasibility study I (safety of exercise program)
- 6th: 1st revision of exercise program
- 7th: Feasibility study II (safety of intervention: pilot study)
- 8th: 2nd expert panel discussion
- 9th: 2nd revision of exercise program
- 10th: Examining exercise program: RCT

Finalized exercise program

step 7 : Feasibility study 2 (safety of intervention procedure)

According to develop procedure

- 1st: Literature review
- 2nd: Understanding participants' characteristics (Observation Surgery / Observation & Survey)
- 3rd: Development of 1st draft exercise program
- 4th: 1st expert panel discussion
- 5th: Feasibility study I (safety of exercise program)
- 6th: 1st revision of exercise program
- 7th: Feasibility study II (safety of intervention: pilot study)
- 8th: 2nd expert panel discussion
- 9th: 2nd revision of exercise program
- 10th: Examining exercise program: RCT

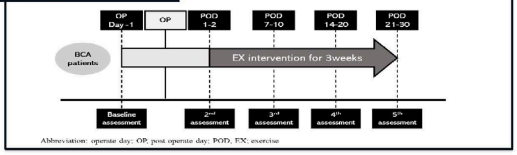
Finalized exercise program

step 7 : Feasibility study 2 (safety of intervention procedure)

Participant's inclusion criteria

- stage 0 to III breast cancer patients
- 19-70 years of age
- able to read and understand Korean
- willingness to participate in the study even after understanding the observational study procedure.

Study design



Abbreviation: operate day:: OP, post operate day: POD, EX: exercise

step 7 : Feasibility study 2 (safety of intervention procedure)

Measurement variables

Measurement factors	details
Compliance rate of exercise program	• The number of exercise sets actually performed / the number of exercise sets targeted * 100
Shoulder function	• Shoulder Range Of Motion (ROM): Flexion, Extension, abduction • Shoulder strength (using by hand-held dynamometer): Flexion, Extension, abduction • The Shoulder Pain Ind Disability Index (SPADI)
Surgical complications	• Using via medical chart review • surgical site infection (e.g. swelling, hyperthermia) or wound complications (e.g. hematoma, wound dehiscence, skin flap necrosis) or seroma, lymphedema, re-operate after breast surgery
Demographic and medical information	• using self-report measures and via medical chart review • education level, marital status, house income, and occupancy • surgery method, site of surgery, duration of surgery, and clinical treatment stage.

step 7 : Feasibility study 2 (safety of intervention procedure)

Table. Participant characteristics in feasibility study II

Patient ID	J	K	L	M	N
Age (year)	49	55	41	54	50
BMI (kg/m²)	29.8	24.6	21.6	22.6	23.3
Surgery method	PM with SLNB	PM with SLNB	PM with SLNB	PM with SLNB	PM with ALND
Surgery site	Rt	Lt	Rt	Rt	Lt
Neo-adjuvant	X	X	X	X	O
Cancer stage	1	1	1	1	0
Surgery duration (min)	59	61	97	51	132
Exercise program					
1st week EX program	Middle/low	Low	Middle/low	Low	Super low/low
1st week EX adherence (%)	100%	100%	76.9%	100%	100%
2nd week EX program	Moderate	Moderate	Moderate	Moderate	Moderate
2nd week EX adherence (%)	100%	100%	53.3%	83.3%	100%
3rd week EX program	Middle/low	Middle/high	Middle/low	Middle-high/middle	Middle-high/middle
3rd week EX adherence (%)	100%	100%	63.6%	100%	92.9%
Drainage removal day					
	POD 20	POD 9	POD 13	POD 16	POD 13
Side effects after surgery					
	Surgical infection hematoma	-	Axillary web syndrome	-	side effect of constipation pills

Abbreviation: partial mastectomy with sentinel lymph node dissection, PM with SLNB, Total mastectomy with axillary lymph node dissection or modified radical mastectomy; MRM, right arm; Rt, left arm; Lt, body mass index; BMI, postoperative day; POD, exercise; EX

The mean rate of exercise program adherence was **91.3 (minimum 53.3% to maximum 100%)**.
The average compliance rate of the planned exercise program was 95.4% in the first week, 87.3% in the second, and 91.3% in the third outpatient visit.

step 7 : Feasibility study 2 (safety of intervention procedure)

The satisfaction and suitable of exercise program survey results(n=5)

Q. Satisfaction with the three-week exercise program for postoperative BCA patients

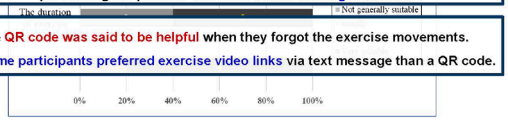
More than 80% of the participants (four in five participants) responded that they were satisfied or very satisfied with the exercise program and intervention.

Participants claimed that being educated in the exercise program every week and being assessed to check recovery status acted as an effective stimulant.

Participants said they felt like they were receiving special treatment from the hospital and that it helped them gain confidence in exercising.

They felt burdened with carrying out three sets daily and were worried about performing the planned exercises before drainage removal.

the QR code was said to be helpful when they forgot the exercise movements. But some participants preferred exercise video links via text message than a QR code.



step 8 : 2nd expert panel discussion

According to develop procedure

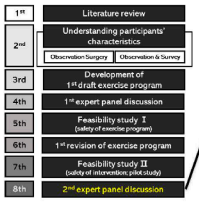


Table. Summary of 2nd expert meeting

Major issues	Summary of discussion
• Observed side effects (surgical infection, hematoma, constipation pills, axillary web syndrome (AWS)))	• Two side effects excluding AWS are not the result of exercise. • The exercise program is thought not to have caused AWS. AWS is observed frequently after surgery and normally disappears naturally after about 3 months. • **Even if the patient recovers quickly after surgery, it may be burdensome to perform daily life the same as before surgery, so care must be taken.**
• Drainage volume vs. Early exercise for rehab	• Exercise immediately after surgery could increase the amount of drainage volume. • Limited use of the arm after surgery because one is worried about drainage volume would lead to impaired upper body function. • **Postoperative exercise will be more beneficial even if the amount of the initial drainage increases.**

Two breast surgery professors and one sports medicine professor **reviewed the safety of the exercise program and research designs based on the results of Feasibility 1 and 2.**
They also examined the influence of exercise on postoperative side effects observed in feasibility study 2 and discussed considerations for providing safe exercise programs.

step 9 : 2nd revision of exercise program

Exercise program after 2nd revision

Table. The contents of exercise program after 2nd revision

Intensity	Exercise program contents		
	Stretching exercise	Resistance exercise	Physical activity
Super Low	Neck stretching, shoulder circle (alternative), pendulum exercise	Fist clench, Rowing, Isometric lower limb exercise, Wall pelvic tilt, Calf raise	Before drainage remove - recommend more physically active (walking more than 30 minutes per day) After drainage remove - recommend more physically active (walking ≥30 minutes per day)
Low	Neck stretching, shoulder circle (both), Wall shoulder stretching (alternative or both), Wall upper body stretching (beginner), pendulum exercise	Fist clench, Rowing, Isometric chest (beginner), Isometric lower limb exercise, Wall pelvic tilt, Calf raise	
Moderate	Neck stretching Arm circle (flexion & abduction), Pec stretching (diagonal twist), Wall shoulder stretching (both), Wall upper body stretching (advanced), Wall pec stretching	Wall pointer, W-rowing Wall pelvic tilt, Chair squat	
High	Neck stretching, Breaststroke Pec stretching (diagonal twist), Wall shoulder stretching (alternative or both), Wall upper body stretching (advanced), Wall pec stretching, Y-stretching	Palm push (advanced), Isometric chest (advanced), Seated core exercise (chair bicycle), Wall pointer, Wall side push-up (only non-surgery arm), Dynamic squat	

* If you want to see the exercise for each intensity, please check the attached QR code.

step 9 : 2nd revision of exercise program

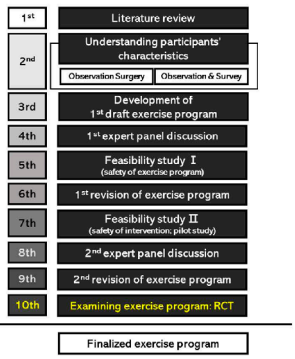
Exercise program after 2nd revision

High exercise



step 10 : Examining exercise program: RCT study

According to develop procedure



step 10 : Examining exercise program: RCT study

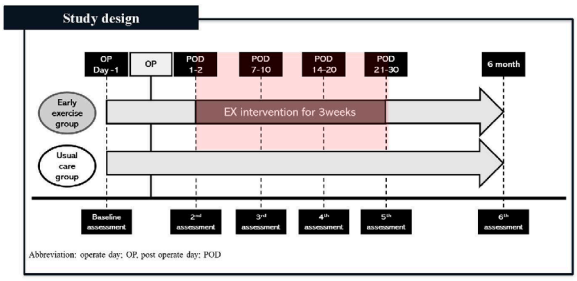
Participant's inclusion criteria

- stage 0 to III breast cancer patients
- 19-70 years of age
- able to read and understand Korean
- willingness to participate in the study even after understanding the observational study procedure.

Randomization

- Eligible participants were randomly assigned to the early rehab or control group (1:1 ratio) by age, surgery method, and surgery site.

Study design: study II



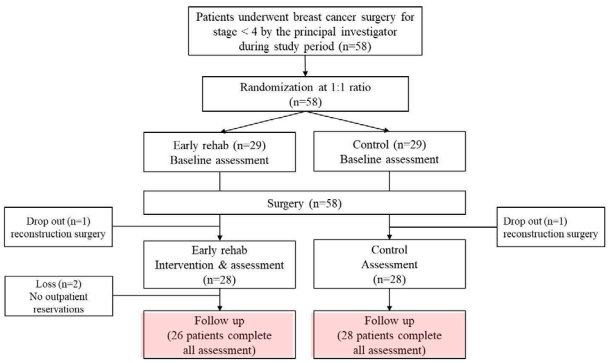
step 10 : Examining exercise program: RCT study

Measurement variables

Measurement factors		details
Primary outcomes	Shoulder function	• Shoulder Range Of Motion (ROM): Flexion, Extension, abduction • Shoulder strength (using by hand-held dynamometer): Flexion, Extension, abduction
Secondary outcomes	Shoulder pain and disability index (SPADI)	• Questionnaire: using Shoulder pain and disability index Korean version.
	Body composition	• Using In-body, 720 • weight, muscle mass, fat percentage
	Quality of life	• Questionnaire: using EuroQol-5 dimensions-5 levels (EQ-5D-5L) Korean version.
Ancillary outcomes	Surgical complications	• Using via medical chart review • surgical site infection (e.g. swelling, hyperthermia) or wound complications (e.g. hematoma, wound dehiscence, skin flap necrosis) or seroma, lymphedema, re-operate after breast surgery
	Demographic and medical information	• using self-report measures and via medical chart review • education level, marital status, house income, and occupancy • surgery method, site of surgery, duration of surgery, and clinical treatment stage.

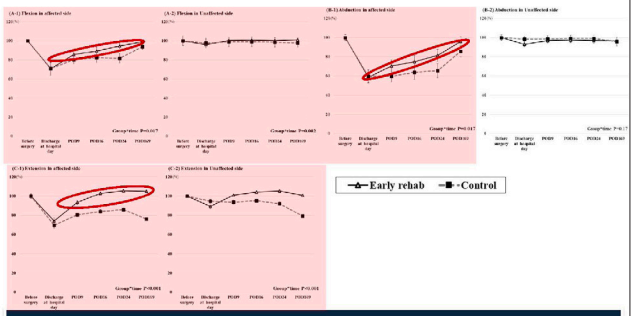
step 10 : Examining exercise program: RCT study

Flow of participants (n=56)



step 10 : Examining exercise program: RCT study

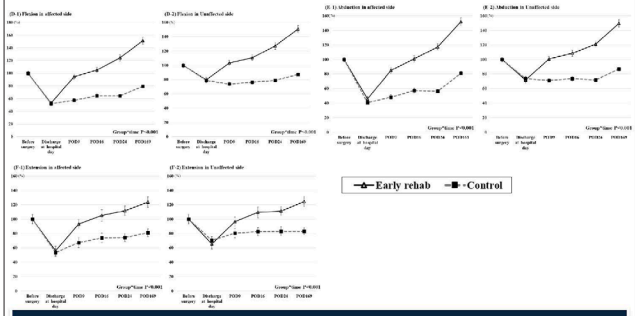
Effect of early post-operative exercise on recovery of shoulder ROM



There was significant group and times interaction for shoulder flexion, abduction, and extension.
The exercise group demonstrated faster recovery in the shoulder ROM
compared to that of the control group

step 10 : Examining exercise program: RCT study

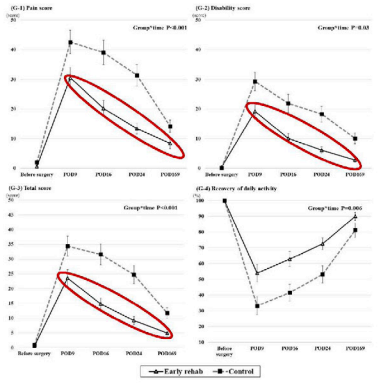
Effect of early post-operative exercise on recovery of shoulder strength



There was significant group and times interaction for all assessment of shoulder strength.
The exercise group demonstrated faster recovery in the shoulder strength
compared to that of the control group

step 10 : Examining exercise program: RCT study

Effect of early post-operative exercise on SPADI score & daily life activities



step 10 : Examining exercise program: RCT study

The effect of postoperative exercise on surgical complications and drainage

Table 5. Effect of post-operative exercise on surgical complication and drainage volume

	Early rehab (n=28)	Control (n=28)	*p*
Surgical complications (n,%)			
Seroma	5 (17.9)	4 (14.3)	
Hematoma	1 (3.6)	2 (7.1)	0.69
Axillary web syndrome	0	1 (3.6)	
Drainage (n,%)			
Removal drainage day (n, %)			
No drainage	4 (14.3)	3 (10.7)	
discharge day	4 (14.3)	3 (10.7)	
1st outpatient (POD 9)	10 (35.7)	12 (42.9)	0.98
2nd outpatient (POD 16)	8 (28.6)	8 (28.6)	
3rd outpatient (POD 23)	2 (7.1)	2 (7.1)	
The volume of drainage (cc)			
Total drainage volume	38.9±37.9	44.0±64.3	0.76

Data are presented MEAN±SD or n (%)

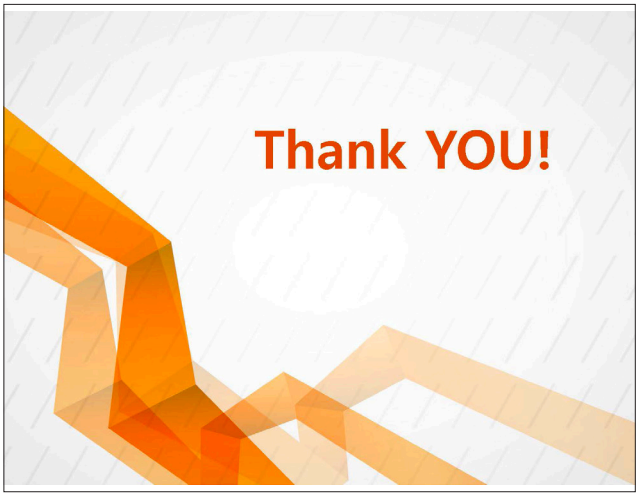
step 10 : Examining exercise program: RCT study

Effect of early post-operative exercise on body composition, physical activity, and quality of life

Table 6. The effect of postoperative exercise on secondary outcomes among breast cancer patients

	Early rehab (n=26)			Control (n=28)					
	before surgery	POD 24	POD 169	before surgery	POD 24	POD 169	*p* group*time	*p*¹	*p*²
Body composition (kg)									
Weight	58.5±10.2	58.1±9.7	57.5±9.6	60.4±9.9	59.6±9.7**	59.2±9.9	0.72	0.16	0.80
Muscle mass	21.4±2.9	20.9±2.9**	20.8±3.0***	22.8±3.1	21.5±3.6***	21.4±3.9***	**0.03**	0.01	0.64
fat mass	18.9±6.8	19.0±6.7	19.0±6.1	18.3±6.8	19.5±6.5**	19.3±7.3	0.35	0.05	0.80
Physical activity (min/week)									
VPA	0	0	0	0	0	0	-	-	-
MPA	11.5±44.2	16.4±33.8	66.9±138.6	24.3±61.1	7.1±37.8	1.1±5.7	**0.01**	0.11	0.05
walk	240.4±206.8	342.3±218.1	328.8±248.7	212.0±230.3	202.1±175.6	191.1±118.1	0.12	0.09	0.97
total PA	251.9±204.8	358.7±212.9**	395.8±252.5**	236.2±255.3	209.3±204.3	192.1±118.1	**0.02**	0.04	0.40
Sedentary	509.5±154.2	371.9±130.8***	357.2±133.3***	509.2±154.2	581.7±211.0	535.4±169.5	**<0.001**	**<0.001**	0.45
EQ5d-5L									
QOL index	0.84±0.09	0.72±0.11**	0.81±0.12	0.84±0.11	0.63±0.06***	0.73±0.12***	**0.03**	**0.01**	0.61
VAS	72.2±18.8	81.5±15.4	83.9±12.8**	75.4±13.7	70.9±21.0	80.7±12.0	**0.01**	**0.01**	0.05

Data are presented MEAN±SD. abbreviation: vigorous physical activity; VPA, moderate physical activity; MPA, quality of life; QoL, P¹ presented an independent T-test analysis of the mean difference from preoperative to POD 24, P² presented an independent T-test analysis of the mean difference from POD 24 to POD 169, **represented paired t-test [**p<0.025 vs. baseline, ***p<0.001 vs. baseline (p-value adjusted for Bonferroni method)]



신수민

학력

2000-2006	Ewha Womans University, college of medicine Medicine Medical School
2010-2014	Sungkyunkwan University, School of medicine Thoracic and cardiovascular surgery Master's degree
2015-2021	Sungkyunkwan University, School of medicine Thoracic and cardiovascular surgery Doctor of Philosophy

소속

이화여대 목동병원 심장혈관흉부외과

경력

2006.3-2007.2	Samsung medical center, Sungkyunkwan University School of Medicine Internship
2007.3-2011.2	Department of thoracic and cardiovascular surgery, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine Residency
2011.3-2014.2	Department of thoracic and cardiovascular surgery, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine Fellowship
2014.3-2022.2	Department of thoracic and cardiovascular surgery, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine Clinical assistant professor
2022.3-2026.2	Department of thoracic and cardiovascular surgery, Ewha Womans University, school of medicine, Mokdong hospital Assistant professor
2026.3-present	Department of thoracic and cardiovascular surgery, Ewha Womans University, school of medicine, Mokdong hospital Associate professor

암 생존자에서 신체활동 변화와 임상 사건: 코호트 연구의 시사점

이대목동병원

신수민

암의 조기 진단과 치료 성적 향상으로 암 생존자가 지속적으로 증가하면서, 암 치료 이후의 신체기능 회복과 삶의 질 관리가 중요한 과제로 대두되고 있다. 암환자는 수술, 항암화학요법, 방사선치료 등의 과정에서 신체기능 저하와 신체활동 감소를 경험하며, 이러한 변화는 치료 이후에도 장기간 지속될 수 있다. 신체활동은 암환자의 기능적 회복과 관련된 중요한 요인으로, 최근에는 치료 전후 신체활동의 변화 양상과 임상적 결과 사이의 연관성에 대한 관심이 높아지고 있다.

폐암 수술 환자를 대상으로 수행한 전향적 코호트 연구인 CATCH-LUNG 연구에서는 수술 전후 폐기능, 운동능력, 신체활동 및 환자의 삶의 질에 대해 연구를 진행하였다. 수술 후 폐기능과 운동능력은 급격히 감소하였으나, 이후 점진적으로 회복되었다. 폐기능과 운동능력의 회복 양상에는 차이가 있었으며 일부 환자에서는 장기간 기능 저하가 지속되었다. 특히 수술 6개월과 1년 후 각각 24.1%, 17.7%의 환자에서 운동능력 회복 실패가 관찰되었다. 수술 전 낮은 신체활동 수준과 수술 직후 중고강도 신체활동의 감소는 기능 회복 실패와 연관되었으며, 또한 수술 전 낮은 운동능력은 수술 후 심폐합병증 발생 위험과 관련이 있었다. 이러한 결과는 암환자의 신체활동과 운동능력에 대한 객관적인 평가가 치료 후 회복 경과를 예측하고 고위험군을 선별하는 데 유용할 수 있음을 시사한다.

이러한 관찰 연구 결과를 바탕으로 웨어러블 기기를 활용한 신체활동 중재 연구를 진행하였다. 폐암 수술 후 환자에게 웨어러블 기기를 활용한 운동프로그램을 적용하였을 때, 수술 후 신체 활동의 감소가 적었으며, 장기적인 신체활동 개선 및 호흡곤란과 같은 증상 개선을 확인하였다. 이는 암환자의 신체활동을 지속적으로 모니터링하는 것이 암환자의 장기적인 기능 회복에 도움이 될 수 있을 가능성을 시사한다.

최지엽

학력

이화여자대학교 약학과 약학사

서울대학교 의과대학 의학과 석사

서울대학교 의과대학 의학과 박사(예방의학, 분자역학 전공)

주요 경력

현재 국민건강영양조사 신체활동측정조사 자문위원

현재 지역사회건강조사 지표표준화 분과위원 (신체활동)

학술지 편집위원 (Journal of Epidemiology, Journal of Breast Cancer, Journal of Cancer Prevention)

현재 소속 및 직위

서울대학교 의과대학 의과학과 대학원 교수

대표논문

1. Choi J, Park J, Kim JE, Lee M, Kang D, Shin A, et al. Associations between physical activity and incidence of cancer among overweight adults in Korea: Results from the Health Examinees-G study. Cancer Prev Res (Phila). 2023.
2. Nabila S, Choi JY, Abe SK, Islam MR, Rahman MS, Saito E, et al. Differential patterns of reproductive and lifestyle risk factors for breast cancer according to birth cohorts among women in China, Japan and Korea. Breast Cancer Res. 2024;26(1):15.
3. Choi J, Park J, Kim JE, Kang D, Cho SI, Chung IJ, et al. Socioecological approach for identifying the determinants of objectively measured physical activity: A prospective study of the UK Biobank. Prev Med. 2022;155:106949.

신체활동과 암: 역학 연구가 주는 통찰

서울대의대

최지엽

Physical activity (PA) is associated with lower cancer risk and better prognosis, but most evidence comes from Western populations, and self-reported PA is subject to substantial measurement error. This talk summarizes evidence from Korean general-population cohorts in three parts.

First, in a two-season validation study (2015), 210 adults completed the Health Examinees (HEXA) PA questionnaire and wore an ActiGraph accelerometer for 7 days, and 84 of them repeated the assessment. Leisure-time exercise from the HEXA questionnaire correlated most strongly with accelerometer-measured moderate-to-vigorous PA (MVPA; Spearman ρ=0.40, 95% CI 0.28–0.50). In contrast, total MVPA (ρ=0.24) and non-leisure-time PA (ρ=0.12) correlated weakly. Validity coefficients of the Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ) against accelerometry in the Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES) were similarly low (0.21–0.31).

Second, in the HEXA cohort linked to the Korea Central Cancer Registry, leisure-time PA (LTPA) was not associated with overall cancer incidence after full adjustment (n=112,108). However, among obese men, sufficient duration and intensity of LTPA were associated with a 15–25% lower cancer risk. Among participants with cancer, pre-diagnosis PA, particularly vigorous activity, was associated with lower all-cause mortality (n=7,749), in men across most LTPA types but in women only for vigorous activity and mountain climbing. Associations with post-diagnosis PA were weaker and largely non-significant (n=3,008).

Third, in KNHANES (2014–2017; n=20,239, accelerometer subsample n=1,515), we corrected GPAQ-measured PA for measurement error using attenuation factors derived from accelerometry. After correction, the hazard ratio (HR) for all-cause mortality per 1-SD increase in total MVPA moved further from the null, from 0.80 (95% CI 0.71–0.91) to 0.40 (0.24–0.68). Travel-related MVPA was inversely associated with all-cause (HR 0.52, 0.31–0.86) and cardiovascular mortality (HR 0.22, 0.07–0.72). Leisure-time MVPA showed stronger inverse point estimates after correction but was not significantly associated with cardiovascular or cancer mortality (cancer: HR 0.41, 0.16–1.04).

Self-reported PA attenuates and may distort PA–cancer associations, and its validity varies by domain. Prospective cohorts with device-based, repeated measurement of PA across all domains are needed to clarify the dose, intensity, and type of PA that reduce cancer risk and mortality in Asian populations.

Nicole Culos-Reed

Dr. Culos-Reed is a Professor of Health and Exercise Psychology in the Faculty of Kinesiology and a UCalgary Research Excellence Chair. Dr. Culos-Reed is currently the Associate Dean Research for the Faculty of Kinesiology. She holds an Adjunct Professor in the Department of Oncology in the Cumming School of Medicine; and is Director of the Health and Wellness Lab and Thrive Centre. She holds a Research Associate appointment with the Department of Psychosocial Resources at the AE Child Comprehensive Cancer Centre, Cancer Care, Alberta Health Services, and is a Killam Laureate.

Dr. Culos-Reed's research takes a transdisciplinary approach to understanding and improving the quality of life of individuals living with and beyond cancer, developing, delivering, and evaluating physical activity programs to address the physical and psychological challenges experienced throughout treatment and into survivorship. This research includes national and international collaborations, working with populations from pediatric to adult, including those with advanced cancer, and most recently includes a Canadian Institute of Health Research-Canadian Cancer Society (CIHR-CCS) Cancer Survivorship Team Grant (2020-26), with additional support from Alberta Cancer Foundation (ACF), to bring her team's exercise oncology program to underserved rural and remote populations across Canada.

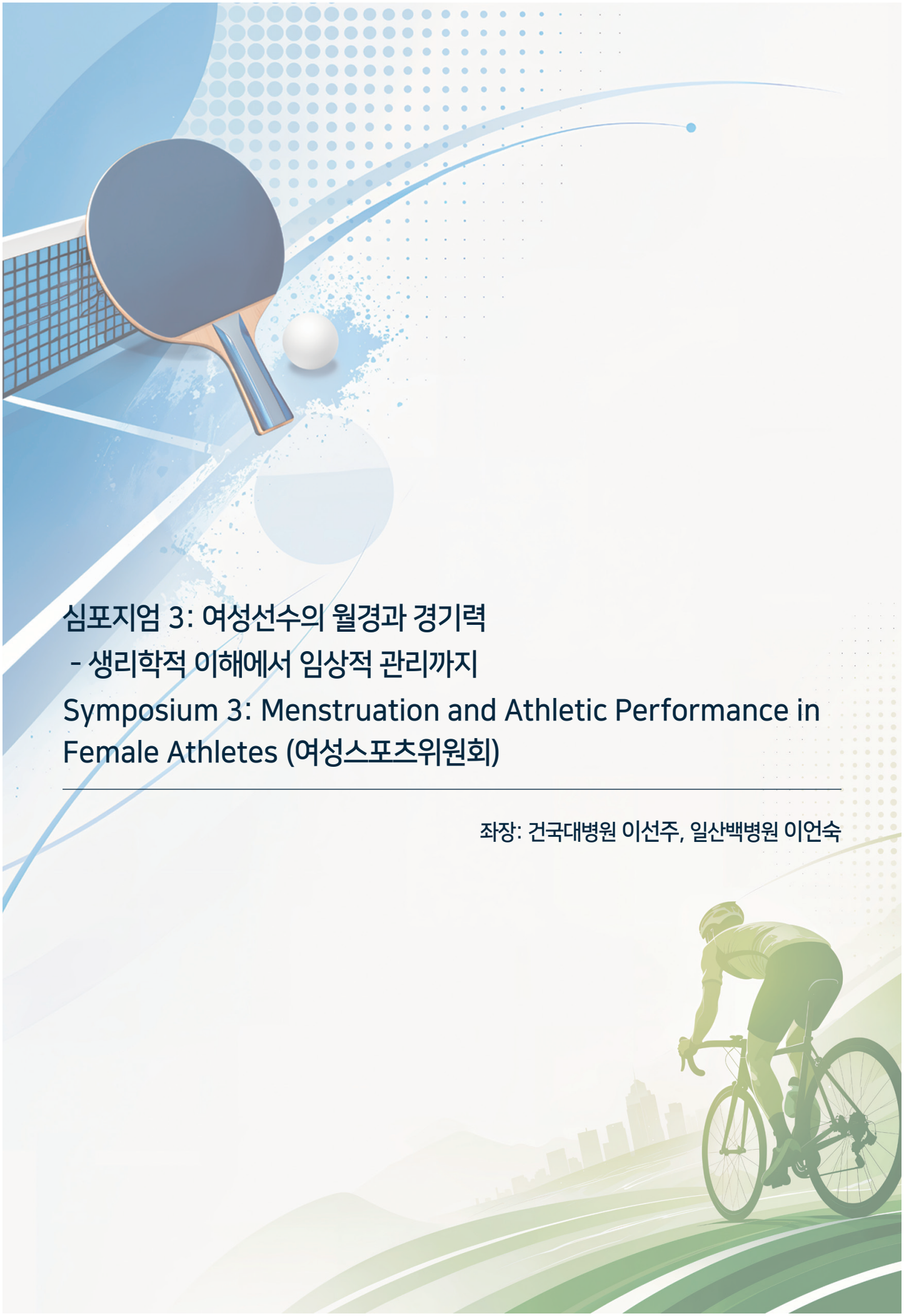
Dr. Culos-Reed is the co-founder of Thrive Health, an online educational company building capacity in health and fitness professionals to deliver safe and effective exercise oncology resources. As a health behaviour change researcher, Dr. Culos-Reed is passionate about building capacity within the fitness industry to safely and effectively support individuals with cancer to live well and move more.

KEYWORDS

Exercise psychology, health behaviour change, quality of life, physical activity, oncology, exercise, cancer survivorship, health, wellness, knowledge translation, yoga, pediatric exercise

Exercise Oncology in Action: Evidence from the EXCEL Study

Univ. of Calgary
Nicole Culos-Reed



심포지엄 3: 여성선수의 월경과 경기력
- 생리학적 이해에서 임상적 관리까지

Symposium 3: Menstruation and Athletic Performance in Female Athletes (여성스포츠위원회)

좌장: 건국대병원 이선주, 일산백병원 이언숙

권지은

학력

서울대학교 의과대학 의학과 학사

서울대학교 의과대학 임상의과학과 석사

서울대학교 의과대학 정형외과학 박사

주요 경력

대한스포츠의학회 SAT 인증관리위원회 위원

대한스포츠의학회 여성스포츠위원회 위원

한국도핑방지위원회 (KADA) 치료목적사용면책 (TUE) 위원

대한견주관절 국제위원회 위원

대한노년근골격의학회 학술위원회 위원

현재 소속 및 직위

이화여자대학교 의과대학 부속 의료원 목동병원 임상부교수

대표논문

1. Kwon J, Kim SH, Lee YH, Kim TI, Oh JH. The Rotator Cuff Healing Index: A New Scoring System to Predict Rotator Cuff Healing After Surgical Repair. Am J Sports Med. 2019 Jan;47(1):173-180.
2. Kwon J, Lee YH, Kim SH, Ko JH, Park BK, Oh JH. Delamination Does Not Affect Outcomes After Arthroscopic Rotator Cuff Repair as Compared With Nondelaminated Rotator Cuff Tears: A Study of 1043 Consecutive Cases. Am J Sports Med. 2019 Mar;47(3):674-681.
3. Oh JH, Lee YH, Lee TH, Jang SI, Kwon J. The Natural History of High-Grade Partial Thickness Rotator Cuff Tears: The Conversion Rate to Full Thickness Tears and Affecting Factors. Clin Orthop Surg. 2020 Dec;12(4):514-520.

무월경과 REDs: 에너지 결핍이 선수의 건강과 경기력에 미치는 영향

이대목동병원

권지은

1. 서론

월경 장애는 여성 선수에서 비교적 흔하게 발생하고, 스포츠 현장에서 장기간 고강도 훈련에 따른 자연스러운 현상으로 여겨지며 충분한 주목을 받지 못했다. 그러나 여성 선수의 무월경은 낮은 에너지 가용성 (Low Energy Availability, LEA) 및 스포츠에서의 상대적 에너지 결핍 (Relative Energy Deficiency in Sport, REDs) 을 의심하게 하는 중요한 임상적 신호이다. REDs는 골 건강뿐만 아니라 심혈관계, 대사 및 면역 기능 등 여러 생리적 기능에 부정적인 영향을 미칠 수 있으며, 경기력 저하로 이어질 수 있다.

본 장에서는 여성선수 3징후 (Female Athlete Triad)에서 REDs로의 개념 변화를 살펴보고, 낮은 에너지 가용성과 기능성 시상하부성 무월경을 연결하는 병태생리를 살펴보고자 한다. 또한, 문제적 낮은 에너지 가용성이 실제 선수의 건강과 경기력에 미치는 영향을 정리하고, 선별과 진단, 관리 및 복귀에 대한 접근법을 제시하고자 한다.

2. 여성선수 3징후와 REDs

여성선수 3징후는 섭식장애, 무월경, 골다공증이 함께 나타나는 상태를 말하며, 1992년 처음 기술되었다. 2007년 미국스포츠의학회 (American College of Sports Medicine, ACSM) 입장문에서는 에너지 가용성, 월경 기능, 골밀도를 건강한 상태에서부터 병적 상태에 이르는 연속 스펙트럼으로 재정의하였다. 여성선수 3징후 연합 (Female Athlete Triad Coalition) 에서는 2014년 합의문을 통해 위험도 분류와 복귀 (return-to-play) 기준을 추가하였다. 2014년 국제올림픽위원회 (International Olympic Committee, IOC) 는 보다 포괄적인 개념인 RED-S를 제시하였고, 이후 2018년 개정을 거쳐, 2023년 IOC 합의문에서 약어 표기를 REDs로 변경하였다.

현재 REDs는 낮은 에너지 가용성이 생식 및 골 건강뿐만 아니라 인체의 여러 기능에 영향을 미치며, 성별에 관계없이 모든 선수에게 발생할 수 있다고 정의하고 있다. 여성선수 3징후와 REDs는 낮은 에너지 가용성을 공통적인 병태생리적 기반으로 하는 밀접하게 연관된 개념이며, REDs는 생식 및 골 건강을 넘어 다양한 생리적 기능과 경기력에 미치는 영향을 포괄한다.

3. 낮은 에너지 가용성 (Low Energy Availability, LEA)

REDs를 설명하는 핵심 개념은 에너지 가용성 (Energy Availability, EA) 으로, 운동에 소비된 에너지를 제외하고 기본적인 생리 기능에 사용할

수 있는 식이 에너지를 의미한다.

$$\text{EA (kcal/kg FFM/day)} = \frac{\text{EI (kcal/day)} - \text{EEE (kcal/day)}}{\text{FFM (kg)}}$$

EA: 에너지 가용성(energy availability), EI: 에너지 섭취량(energy intake),
EEE: 운동 에너지 소비량(exercise energy expenditure), FFM: 제지방량(fat-free mass)

젊은 성인 여성을 대상으로 한 연구에서는 약 45 kcal/kg FFM/day가 적절한 에너지 가용성의 참고 수준으로 제시되었으며, 낮은 에너지 가용성, 특히 30 kcal/kg FFM/day 이하의 수준에서는 황체형성호르몬의 박동성 분비와 골대사에 변화가 발생할 수 있음이 보고되었다. 다만 이러한 수치는 개인별 차이와 측정 오차를 고려하여 해석해야 하며, 모든 선수에게 적용되는 절대적인 진단 기준은 아니다.
2023년 IOC 합의문의 핵심적인 개선점은 적응 가능한 낮은 에너지 가용성 (adaptable LEA) 과 문제적 낮은 에너지 가용성 (problematic LEA)를 구분한 것이다. 전자는 건강과 경기력에 지속적인 부정적 영향을 남기지 않는 일시적인 상태인 반면, 후자는 에너지 결핍의 정도와 지속 기간 등에 따라 건강 및 경기력에 부정적인 영향을 미치는 상태를 의미한다. 낮은 에너지 가용성은 체급 조절이나 체형에 대한 압박감으로 인해 의도적으로 생기는 경우도 있으나, 훈련량 증가에 따른 섭취량 보충이 충분히 이루어지지 않아 비의도적으로 발생하기도 한다.

4. 월경 장애: 기능성 시상하부성 무월경 (Functional Hypothalamic Amenorrhea, FHA)

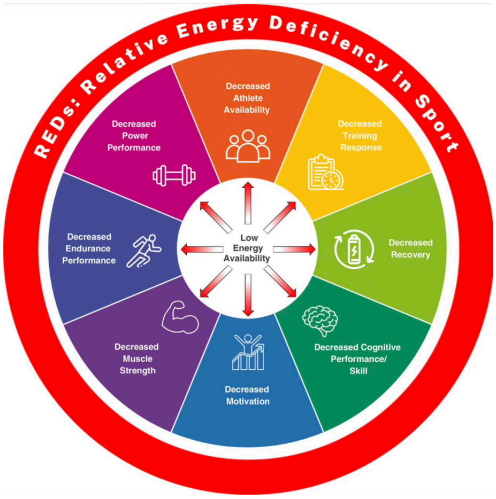
REDs에서 월경 장애의 주된 기전은 기능성 시상하부성 무월경이다. 에너지 가용성이 부족하면 신체는 생식보다 생존에 필요한 기능을 우선하게 된다. 낮은 에너지 가용성은 시상하부의 생식샘자극호르몬분비호르몬(gonadotropin-releasing hormone, GnRH)의 박동성 분비를 억제하고, 이에 따른 황체형성호르몬(luteinizing hormone, LH) 분비의 변화로 난포 발달과 배란이 저해되어 저에스트로겐 상태를 초래할 수 있다.
이러한 중추성 억제는 에너지 상태를 시상하부에 전달하는 여러 대사 신호에 의해 매개된다. 특징적으로 렙틴(leptin), 인슐린, 인슐린유사성장인자-1(insulin-like growth factor-1, IGF-1), 삼요오드티로닌(triiodothyronine, T3)이 감소하고, 코르티솔이 증가하며, 키스펩틴(kisspeptin) 신경세포가 이들 신호를 통합하는 핵심 역할을 한다.
선수의 월경 장애는 하나의 스펙트럼으로 나타난다. 황체기 결함(luteal phase defect)이나 무배란 주기의 경우, 출혈이 규칙적으로 발생하므로 놓치기 쉽다. 보다 뚜렷한 형태로는 희발월경, 이차성 무월경(기존에 규칙적인 월경을 하던 여성이 3개월 이상 월경이 없는 경우), 원발성 무월경(만 15세까지 초경이 없는 경우)이 있다. 어린 선수의 초경 지연은 최대골량 (peak bone mass) 형성과 관련이 있으므로 특히 주의가 필요하다.
기능성 시상하부성 무월경은 배제 진단이므로, 에너지 결핍을 월경장애의 원인으로 판단하기 전에, 임신, 고프로락틴혈증, 갑상선 기능 이상, 다낭성난소증후군 (polycystic ovary syndrome, PCOS), 조기난소부전(primary ovarian insufficiency, POI) 등, 구조적 이상 및 기타 내분비 원인을 반드시 배제해야 한다.

5. 골 손상

에너지 결핍은 골형성을 억제하고, 저에스트로겐 상태는 골흡수를 증가시켜 골재형성 (bone remodeling) 의 불균형을 초래한다. 청소년기와 초기 성인기는 최대골량을 획득하는 결정적 시기이므로, 이 시기에 생긴 결손은 완전히 회복되지 않을 수 있다. 무월경 선수는 월경이 정상인 선수에 비해 골 스트레스 손상 (Bone Stress Injury, BSI) 의 위험이 현저히 높다. 특히 골반, 천골, 대퇴경부 등 특정 부위의 골 스트레스 손상은 낮은 에너지 가용성 및 골 건강 저하와 연관될 수 있으므로, 이러한 손상이 발생한 선수에서는 REDs에 대한 평가가 필요하다.

6. REDs가 경기력에 미치는 영향

문제적 낮은 에너지 가용성은 훈련 적응과 회복을 저해하고, 근력과 지구력, 집중력 및 판단력 등 경기력과 관련된 여러 요소에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 이러한 변화는 부상 및 질병의 위험 증가와도 연관될 수 있다.



7. REDs의 선별과 평가

REDs는 초기 단계에서 증상이 없는 경우가 많으므로 조기 발견이 중요하다. 여성 선수에서 세심한 월경력 문진은 가장 간단하고 비용이 적게 들면서도 유용한 선별 도구이므로, 모든 여성 선수의 정기 건강검진에 포함되어야 한다. 여성 낮은 에너지 가용성 설문(Low Energy Availability in Females Questionnaire, LEAF-Q) 과 같은 설문지가 선별에 도움이 되지만, 설문지만으로 진단할 수는 없다.

2023년 발표된 IOC REDs 임상 평가 도구 제2판 (REDs Clinical Assessment Tool version 2, REDs CAT2)은 구조화된 근거 기반 접근법을 제공한다. 기능성 시상하부성 무월경, 낮은 T3, 골 스트레스 손상 병력, 낮은 골밀도, 섭식장애 등 REDs의 1차 및 2차 지표를 임상적 판단과 결합하여 선수를 중증도와 위험도에 따라 신호등 체계(녹색, 노란색, 주황색, 빨간색)로 분류하고, 각 단계에 따른 훈련 및 경기 참가 권고를 제시한다.

월경 장애가 있는 선수에 대한 기본 평가 사항은 다음과 같다.

· 상세한 병력: 월경력, 식이, 체중 변화, 훈련 부하, 부상 및 정신건강 병력

· 다른 원인의 배제: β-hCG, 프로락틴, 갑상선자극호르몬(TSH) 및 유리 T4, 황체형성호르몬 (LH), 난포자극호르몬(FSH), 에스트라디올, 임상적으로 필요한 경우 안드로겐

· 에너지 상태 지표: 총 또는 유리 T3, 지질 검사, 철 검사, 일반혈액검사

· 골 평가: 6개월 이상의 무월경, 골 스트레스 손상 병력 또는 기타 REDs 위험인자가 있는 선수에서 이중에너지 X선 흡수계측법 (dual-energy X-ray absorptiometry, DXA)

· 섭식장애 및 정신건강 문제 선별

무월경은 훈련에 따른 정상 반응이 아니며, 건강 손상 및 경기력 저하로 이어지는 중요한 지표라는 점을 지도자, 선수, 보호자에게 교육하는 것이 예방의 핵심이다.

8. REDs의 치료와 복귀

치료의 핵심은 에너지 섭취 증가, 운동 에너지 소비 감소, 또는 두 가지 모두를 통한 에너지 가용성의 회복이다. 스포츠의학 의사, 스포츠영양사, 정신건강 전문가, 필요 시 산부인과 또는 내분비내과 전문의를 포함한 다학제 팀이 지도자와 긴밀히 소통하며 시행해야 하며, 섭식장애가 동반된 경우 정

신건강 치료는 선택이 아닌 필수 요소이다.

회복에는 특징적인 시간 경과가 있다. 대사 및 호르몬 지표는 수 주 내에 호전될 수 있지만, 월경 기능은 대개 수개월에 걸쳐 회복되며, 골밀도 개선은 수년이 걸리거나 불완전할 수 있다. 따라서 체중이나 에너지 상태 목표는 개별화하고, 단기 변화보다 장기적으로 추적 관찰해야 한다.

약물 치료는 제한적이고 보조적인 역할을 한다. 충분한 영양 및 운동 중재 후에도 월경이 회복되지 않는 기능성 시상하부성 무월경 환자에서는 골 건강 등을 고려하여 경피 17β-에스트라디올과 주기적 경구 프로게스틴 병용을 선택적으로 고려할 수 있다. 다만 호르몬 치료가 에너지 가용성 회복을 대신할 수는 없다.

훈련 및 경기 참가 여부는 REDs CAT2를 이용한 위험도 평가와 개별 선수의 임상 상태를 종합하여 결정해야 하며, 에너지 상태와 임상 지표의 호전을 확인하면서 단계적으로 복귀하도록 한다.

9. 결론

여성 선수의 무월경은 훈련에 대한 정상적인 적응이 아니라, 낮은 에너지 가용성 및 REDs를 의심하게 하는 중요한 임상적 신호이다. 그 영향은 골 건강 저하와 골 스트레스 손상 위험 증가에서부터 심혈관, 대사, 면역, 정신건강에 대한 영향, 그리고 측정 가능한 경기력 저하에까지 이른다. 따라서 여성선수에서 정기적으로 월경력을 문진해야 하며, 필요 시 IOC REDs CAT2를 이용한 구조화된 평가를 시행해야 한다. REDs가 확인되면, 에너지 가용성 회복에 초점을 둔 다학제적 접근을 통한 치료가 필요하며, 에너지 상태와 임상 지표의 객관적인 호전을 확인하여 단계적으로 복귀해야 한다.

참고 문헌

1. Mountjoy M, Ackerman KE, Bailey DM, et al. 2023 International Olympic Committee's (IOC) consensus statement on Relative Energy Deficiency in Sport (REDs). Br J Sports Med. 2023;57:1073–1097.
2. Stellingwerff T, Mountjoy M, McCluskey WTP, et al. Review of the scientific rationale, development and validation of the International Olympic Committee Relative Energy Deficiency in Sport Clinical Assessment Tool: V.2 (IOC REDs CAT2). Br J Sports Med. 2023;57:1109–1118.
3. De Souza MJ, Nattiv A, Joy E, et al. 2014 Female Athlete Triad Coalition consensus statement on treatment and return to play of the female athlete triad. Br J Sports Med. 2014;48:289.
4. Nattiv A, Loucks AB, Manore MM, et al. American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. Med Sci Sports Exerc. 2007;39:1867–1882.
5. Gordon CM, Ackerman KE, Berga SL, et al. Functional hypothalamic amenorrhea: an Endocrine Society clinical practice guideline. J Clin Endocrinol Metab. 2017;102:1413–1439.
6. VanHeest JL, Rodgers CD, Mahoney CE, De Souza MJ. Ovarian suppression impairs sport performance in junior elite female swimmers. Med Sci Sports Exerc. 2014;46:156–166.
7. Ackerman KE, Holtzman B, Cooper KM, et al. Low energy availability surrogates correlate with health and performance consequences of Relative Energy Deficiency in Sport. Br J Sports Med. 2019;53:628–633.
8. Loucks AB, Thuma JR. Luteinizing hormone pulsatility is disrupted at a threshold of energy availability in regularly menstruating women. J Clin Endocrinol Metab. 2003;88:297–311.

전숙하

학력

충남대학교 의학과 학사

단국대학교 의과대학원 의학과 석사

서울대학교 의과대학원 의학과 박사과정수료

주요 경력

대한스포츠의학회 여성스포츠위원회 위원

FIFA U-17 Women's World Cup Morocco 2025 팀닥터

U-17 Women's Asian Cup China 2026 팀닥터

2026 아이치 나고야 아시안게임 여자축구대표팀 팀닥터

현재 소속 및 직위

국립중앙의료원 정형외과 전문의

월경주기는 여성선수 경기력의 실질적 변수인가?

국립중앙의료원

전숙하

"월경을 앞두면 몸이 무겁고 평소보다 운동이 힘들다"는 선수의 말은 흔히 들을 수 있다. 그렇다면 이 시기에 실제 달리기 속도나 근력, 경기 성적도 떨어지는가. 선수의 체감과 실제 수행은 서로 연결되어 있지만 구분해서 살펴볼 필요가 있다. 지금까지의 연구에서는 일부 선수의 불편감과 수행 부담이 보고되었으나, 월경주기만으로 모든 여성 선수에게 공통된 '경기력이 좋은 시기와 나쁜 시기를 정하기는 어렵다. 이 문제를 살펴보려면 선수의 체감, 검사로 측정한 운동능력, 실제 경기에서의 수행을 구분할 필요가 있다. 통증과 피로로 운동을 더 힘들게 느껴도 기록은 유지될 수 있으며, 체력검사에서 나타난 차이가 경기 성적의 변화로 이어지지 않을 수도 있다. 따라서 호르몬과 신체 변화가 어떤 영향을 줄 수 있는지 알아보고 선수들의 경험과 객관적 수행 연구에서 그 영향이 어떻게 나타났는지를 살펴보고자 한다.

1.월경주기의 정의와 시기별 신체변화

자연적인 배란성 월경주기는 배란 전의 난포기와 배란 후의 황체기로 구분하며, 월경 시작일을 주기 1일째로 센다. 난포기는 난포가 성장하는 기간이고, 황체기는 배란 후 형성된 황체가 호르몬을 분비하는 기간이다. 주요 호르몬인 에스트라디올(E2)과 프로게스테론(P4)은 생식기관뿐 아니라 체온 조절, 호흡, 에너지 사용과 근육·신경계 기능에도 관여한다. 이러한 작용은 월경주기에 따라 운동능력이 달라질 수 있다는 가설의 근거가 된다. 다만 주기 날짜와 실제 호르몬 상태가 항상 일치하는 것은 아니다. 흔히 설명되는 28일 주기와 14일째 배란은 예시이며, 주기 길이와 배란 시점은 개인 간뿐 아니라 같은 선수의 주기 간에도 달라질 수 있다. 규칙적인 출혈만으로 배란이나 충분한 황체기 프로게스테론 분비를 확인할 수도 없다. 따라서 연구에서는 출혈 기록에 더해 황체형성호르몬(LH)의 변화와 혈중 호르몬을 확인하기도 한다. 호르몬 피임 사용자의 복약·출혈 주기는 자연주기와 구분하여 평가해야 한다.

초기 난포기는 대체로 월경이 시작된 무렵으로, 에스트라디올과 프로게스테론이 모두 낮다. 이 시기에 복통, 허리통증, 두통이나 수면 저하가 나타나면 훈련 참여가 어려워지거나 같은 운동을 더 힘들게 느낄 수 있다. 그러나 이러한 부담이 낮은 호르몬 농도에 따른 운동능력의 변화인지, 통증과 불편감의 영향인지는 구분할 필요가 있다. 증상의 유무와 정도도 개인마다 달라 모든 선수에게 같은 수행 저하를 예상하기는 어렵다. 후기 난포기에는 에스트라디올이 상승하고 프로게스테론은 낮게 유지되며, 이후 LH 급증과 함께 배란으로 이어진다. 에스트라디올의 근육·신경계 작용을 근거로 근력이나 파워에 유리할 것이라는 가설이 제시되어 왔다. 일부 연구에서는 짧은 스프린트가 빨라졌지만 점프와 반복 스프린트에서는 차이가 없었다. 이러한 결과는 특정 과제에서의 이점 가능성을 보여주지만, 후기 난포기를 전반적인 운동능력이 가장 좋은

시기로 정하기에는 근거가 부족하다. 배란 후 황체기에는 프로게스테론이 증가하고 에스트라디올도 다시 상승한다. 프로게스테론의 작용으로 안정 시 체온이 높아질 수 있으며, 호흡 자극에 의해 안정 시나 일정 강도의 운동에서 환기량도 증가할 수 있다. 이러한 변화는 특히 더운 환경에서 체온 조절이나 호흡 부담에 영향을 줄 가능성이 있다. 다만 생리적 반응의 차이가 실제 지구력 저하로 일관되게 이어지는 것은 아니므로, 체온과 환기량의 변화만으로 수행을 예측할 수는 없다. 후기 황체기에는 임신이 성립하지 않으면 두 호르몬이 감소하고 다음 월경으로 이어진다. 일부 선수는 이 시기에 팽만감, 유방 불편감, 피로와 기분 변화를 경험한다. 이러한 증상은 운동의 체감 부담과 훈련 참여에 영향을 줄 수 있지만, 나타나는 시기와 정도는 개인마다 다르다. 따라서 황체기 전체를 수행 저하 기간으로 묶기보다, 증상과 수행 변화가 언제 함께 나타나는지를 확인하는 것이 필요하다.

2. 생리적 변화와 경기력 변화의 관계

호르몬 변화가 운동능력에 영향을 줄 수 있는 또 다른 경로는 에너지 사용이다. 에스트라디올이 높은 시기에 지방 사용이 증가하고 근육에 저장된 글리코겐을 절약한다면, 장시간 운동에 유리할 수 있다는 가설이 제시되어 왔다. 그러나 자연주기의 호르몬 변동을 조사한 연구에서는 이러한 차이가 일관되게 확인되지 않았다. 식사와 운동 강도, 지속 시간도 에너지 사용에 영향을 주므로 호르몬의 작용만으로 실제 수행을 설명하기는 어렵다. 이처럼 호르몬의 생리적 작용은 수행 변화의 가능성을 설명하지만, 실제 변화의 유무와 크기는 수행 연구를 통해 확인해야 한다. 체온이나 에너지 사용이 달라졌더라도 달리기 기록이나 최대 근력이 유지될 수 있으며, 같은 주기 단계에서도 과제에 따라 결과가 다를 수 있다. 따라서 주기별 훈련 배치의 효과를 판단하려면 단기간의 생리 반응뿐 아니라 실제 수행과 장기간의 훈련 적응을 비교해야 한다. 현재까지는 특정 단계에 훈련을 집중하는 방법의 우월성을 뒷받침할 근거가 충분하지 않다.

3. 선수들은 어떤 차이를 느끼는가

Findlay 등은 엘리트 여성 럭비 선수 15명을 면담하여 월경과 월경주기가 훈련 및 경기 경험에 미치는 영향을 조사하였다. 선수들은 피로, 통증, 집중의 어려움과 출혈이 샐 수 있다는 걱정을 보고했으며, 훈련과 경기에서 느끼는 영향도 달랐다. 이 연구는 월경 관련 부담이 신체적 증상뿐 아니라 집중과 심리적 불편감까지 포함한다는 점을 보여준다. 다만 면담을 통해 경험과 인식을 조사한 연구이므로, 이러한 불편감이 실제 달리기 속도나 근력, 경기 성적의 변화로 이어졌는지는 확인하지 않았다. Oester 등은 수행에 대한 체감과 월경 관련 증상을 다룬 39편, 총 14,694명의 자료를 검토하였다. 월경주기가 수행에 부정적인 영향을 준다고 응답한 비율은 연구에 따라 2.8%에서 100%까지 크게 달랐다. 이는 상당수 연구에서 부정적 경험이 보고되었지만, 그 빈도를 하나의 대표 수치로 정리하기는 어렵다는 것을 보여준다. 포함된 연구에서는 운동 수준과 피임 사용 여부가 서로 달랐고, 출혈 기간을 묻는지 주기 전체를 묻는지에도 차이가 있었다. 따라서 이 범위를 여성 엘리트 선수의 경기력 저하 비율로 그대로 적용하기는 어렵다. 또한 “경기력에 영향을 받았다”는 응답은 복통으로 훈련을 빠진 경우, 같은 훈련을 더 힘들게 느낀 경우, 실제 경기 기록이 감소한 경우를 모두 포함할 수 있다. 대부분의 연구가 과거 경험을 돌아보는 설문에 의존하여 회상 편향의 가능성도 있다. 이러한 연구는 선수들이 어떤 어려움을 경험하는지 이해하는 데 의미가 있으며, 실제 수행능력의 변화 여부는 객관적 측정을 통해 함께 확인할 필요가 있다.

4. 체력검사에서는 차이가 확인되는가

McNulty 등의 체계적 고찰은 78편, 1,193명의 자료를 검토하였다. 메타분석에서는 초기 난포기의 수행이 다른 단계보다 조금 낮아지는 방향이었으나, 평균 차이는 매우 작고 불확실했다. 질이 높은 연구만 분석했을 때도 차이는 거의 0에 가까웠다. 이는 초기 난포기에 운동능력이 전반적으로 감소한다는 가설을 뒷받침하는 근거가 강하지 않음을 보여준다. 다만 참여자가 모두 엘리트 선수는 아니었고 원연구의 질에도 한계가 있었으므로, 엘리트 선수의 반응이나 개별 선수의 수행 저하까지 배제하는 결과로 해석할 수는 없다. 엘리트 선수에 초점을 맞춘 Meignié 등의 고찰에서도 특정 단계가 일관되게 유리하거나 불리하다는 결론은 얻기 어려웠다. 다만 포함된 연구가 적고 수행을 평가한 검

사와 지표가 서로 달랐다. 따라서 이 결과는 엘리트 선수에서 영향이 없다고 확정하기보다는, 단계별 우열을 판단할 만한 근거가 아직 충분하지 않다는 의미로 이해하는 것이 적절하다. Schlie 등은 혈중 호르몬과 배란 확인 등 주기 단계의 확인 기준을 엄격하게 적용한 19편, 279명의 연구를 검토하였다. 최대 근력과 지구력에서는 일관된 단계 차이가 나타나지 않았고, 스프린트와 점프에서는 과제에 따라 차이의 유무와 방향이 달랐다. 19편 중 11편에서는 적어도 하나의 수행 또는 생리 지표에 유의한 차이가 있었다. 다만 이 수치는 선수의 58%에서 경기력이 변했다는 뜻이 아니라, 측정한 여러 항목 중 하나 이상에서 차이가 나타난 연구의 비율이다. 또한 엘리트 연구는 두 편에 불과하여, 단계 확인이 엄격하더라도 엘리트 경기력에 대한 결론에는 제한이 있다. Igonin 등은 sub-elite 축구 선수 11명의 단계별 호르몬과 수행을 조사하였다. 후기 난포기에는 일부 비교에서 10·20·30 m 스프린트가 빨랐으나, 40 m 달리기와 방향전환, 드리블, 점프, 반복 스프린트에서는 유의한 차이가 없었다. 이 결과는 주기별 변화가 모든 운동능력에 동일하게 나타나기보다, 특정 과제에서 나타날 수 있음을 시사한다. 다만 소수 선수를 대상으로 여러 검사를 시행한 연구이므로 재현성을 확인할 필요가 있으며, 짧은 직선 스프린트의 차이를 축구 수행 전체의 향상으로 확대하기는 어렵다.

5. 실제 경기에서는 무엇이 달라졌는가

실전 연구는 검사실에서 측정한 체력뿐 아니라 경기 중 움직임과 기술적 결과를 평가한다는 장점이 있다. 그러나 상대 팀, 전술, 출전 시간과 점수 상황도 결과에 영향을 주므로 월경주기의 영향만 분리하기는 어렵다. 특히 주행량은 경기에서 요구된 활동량을 나타내며, 주행량이 많다는 사실 자체가 더 우수한 경기력을 의미하지는 않는다. Julian 등은 엘리트 여성 축구 선수 15명의 76개 선수별 경기 자료를 분석하였다. 매우 고강도 주행량은 난포기 5.90m/min, 황체기 6.64m/min으로 황체기에 유의하게 높았다. 반면 총거리와 스프린트 관련 다른 지표에서는 유의한 차이가 없었다. 이는 실제 경기에서도 주기 단계에 따라 일부 신체활동 지표의 차이가 관찰될 수 있음을 보여준다. 다만 기준 주기의 호르몬은 확인했으나 모든 경기에서 호르몬으로 단계를 검증한 것은 아니었으며, 해당 고강도 주행량의 경기 간 변이도 컸다. GPS 자료는 선수의 움직임을 측정하지만 패스의 정확도나 의사결정, 승패를 직접 평가하지 않는다. 따라서 황체기에 일부 주행 지표가 높았다는 결과로 이해할 수 있으나, 황체기의 전반적인 경기력이 더 우수하다는 결론으로 이어지지는 않는다. Gasperi 등은 프로농구 한 팀의 선수 11명을 12경기에서 관찰하였다. 조정된 유효 야투 성공률은 난포기 41.6%, 황체기 34.2%로 난포기에 높았고, 리바운드에서도 작은 차이가 나타났다. 반면 종합 수행지수와 실책에서는 유의한 차이가 없었다. 유효 야투 성공률은 3점 슛의 득점 가치를 반영한 지표로, 이 연구는 주기 단계와 일부 기술적 경기 결과 사이의 관련성을 제시했다는 점에서 의미가 있다. 그러나 달력으로 주기 단계를 분류하여 실제 호르몬 상태와 다르게 분류했을 가능성이 있고, 한 팀의 소수 선수를 대상으로 한 연구라는 제한도 있다. 나이, 경기 전 회복감과 경기 상황 역시 수행 지표와 관련되었다. 따라서 관찰된 차이가 다른 팀과 선수에서도 반복되는지 확인할 필요가 있으며, 이 결과만으로 주기에 따라 출전이나 전술을 변경하는 방법의 효과가 입증되었다고 볼 수는 없다.

6.체감과 실제 수행이 다를 때의 해석

Badier 등의 엘리트 선수 연구에서는 과거를 돌아보며 보고한 증상과 매일 기록한 증상이 다를 수 있음을 확인하였다. 축구 훈련에서는 증상과 고속 주행 비율 사이의 관련성이 나타났지만 총거리에서는 뚜렷하지 않았으며, 사이클에서는 정규화한 출력과 증상의 유의한 관련성이 없었다. 이 결과는 증상과 수행의 관계가 종목과 측정 지표에 따라 달라질 수 있음을 보여준다. 다만 관찰 연구이므로 증상이 수행 변화를 직접 일으켰다고 확정하기는 어렵다. 훈련 부하나 회복 상태가 함께 영향을 주었을 수 있으며, 평가한 자료도 공식 경기 성적이 아닌 훈련 자료였다. 따라서 주기 단계나 증상 하나만으로 수행을 설명하기보다, 다른 조건을 함께 고려해야 한다. 선수가 불편함을 느끼는데 객관적 수행이 유지되는 경우도 있다. 예를 들어 복통이 있는 날 평소와 같은 거리를 달렸더라도, 이를 수행하는 데 더 큰 노력과 부담이 필요했을 수 있다. 검사에서 평가하지 않은 집중이나 회복에서 어려움을 겪었을 가능성도 있다. 이러한 설명은 가능한 해석이며 모든 연구에서 확인된 기전은 아니다. 체감과 객관적 결과의 관계를 이해하려면 같은 선수에서 증상, 운동의 체감 부담과 수행을 함께 반복 측정할 필요가 있다.

7. 수행 저하를 줄이려는 노력은 효과가 있었는가

개선 중재는 증상 완화와 수행 향상을 구분하여 평가해야 한다. 통증이 줄어드는 것, 같은 운동을 덜 힘들게 느끼는 것, 최대 근력이 높아지는 것과 경기 성적이 좋아지는 것은 각각 다른 결과다. 증상 완화는 그 자체로 의미가 있지만, 실제 수행을 측정하지 않았다면 경기력 향상까지 확인한 것으로 설명할 수는 없다. SantaBarbara 등의 예비시험에서는 저항훈련 여성 18명이 하루 10분의 요가를 한 주기 동안 시행하였다. 요가를 한 주기와 하지 않은 주기를 비교했을 때 팽만, 허리통증, 월경 경련과 스트레스가 시간에 따라 변하는 양상에 차이가 있었다. 반면 두통, 수면과 기분에서는 유의한 차이가 없었다. 이 연구는 일부 월경 관련 증상과 훈련 경험을 개선할 가능성을 제시한다. 다만 참여자가 모두 선수는 아니었고 표본과 중재 기간도 제한적이었으며 중재를 알고 참여한다는 점에서 기대효과를 배제하기도 어렵다. 또한 실제 경기 성적을 평가하지 않았으므로, 증상 개선이 경기력 향상으로 이어지는지와 효과가 지속되는지는 추가 연구가 필요하다. 월경주기에 맞춰 훈련량을 배치하는 방법에 대해서도 Colenso-Semple 등은 관련 고찰을 종합하여, 그 효과를 뒷받침하는 근거가 충분하지 않다고 평가하였다. 원연구의 작은 표본, 부정확한 주기 단계 확인과 훈련량 통제 문제가 결론을 제한하였다. 따라서 현재의 결과만으로 특정 단계에 훈련을 집중하는 방법을 보편적으로 권하기는 어렵다.

결론적으로 월경주기는 일부 선수의 증상과 수행에 영향을 줄 수 있다고 볼 수 있다. 그러나 현재 연구만으로 모든 선수에게 공통된 '경기력이 좋은 시기와 나쁜 시기'를 정하기는 어렵다. 현장에서는 주기 단계뿐 아니라 통증, 피로, 수면과 회복 상태를 함께 살펴야 하며 선수의 동의와 개인정보 보호를 전제로 이를 기록하고, 실제 수행 변화가 여러 주기에서 반복되는지 확인하는 것이 도움이 될 수 있다. 훈련 조정에는 주기 단계와 함께 개인의 증상과 회복상태를 고려할 필요가 있다. 향후에는 충분한 수의 대상자를 포함하여 증상과 객관적 수행을 반복 측정하고, 이러한 조정이 실제 경기력 개선에 도움이 되는지에 대한 연구가 필요하다.

Referenecs

1. Findlay RJ, Macrae EHR, Whyte IY, Easton C, Forrest LJ. How the menstrual cycle and menstruation affect sporting performance: experiences and perceptions of elite female rugby players. Br J Sports Med. 2020;54:1108–1113.
2. Oester C, Norris D, Scott D, Pedlar C, Bruinvels G, Lovell R. Inconsistencies in the perceived impact of the menstrual cycle on sport performance and in the prevalence of menstrual cycle symptoms: A scoping review of the literature. J Sci Med Sport. 2024;27:373–384.
3. McNulty KL, Elliott-Sale KJ, Dolan E, et al. The effects of menstrual cycle phase on exercise performance in eumenorrheic women: a systematic review and meta-analysis. Sports Med. 2020;50:1813–1827.
4. Meignié A, Duclos M, Carling C, et al. The effects of menstrual cycle phase on elite athlete performance: a critical and systematic review. Front Physiol. 2021;12:654585.
5. Schlie J, Krassowski V, Schmidt A. Effects of menstrual cycle phases on athletic performance and related physiological outcomes: a systematic review of studies using high methodological standards. J Appl Physiol. 2025;139:650–667.
6. Igonin PH, Cognasse F, Gonzalo P, et al. Monitoring of sprint and change of direction velocity, vertical jump height, and repeated sprint ability in sub-elite female football players throughout their menstrual cycle. Sci Med Football. 2024;8:418–426.
7. Julian R, Skorski S, Hecksteden A, et al. Menstrual cycle phase and elite female soccer match-play: influence on various physical performance outputs. Sci Med Football. 2021;5:97–104.

8. Gasperi L, Sansone P, Gómez-Ruano MÁ, Lukonaitienė I, Conte D. Female basketball game performance is influenced by menstrual cycle phase, age, perceived demands and game-related contextual factors. J Sports Sci. 2025;43:117–124.
9. Badier N, et al. Menstrual cycle or hormonal contraceptive related symptoms in elite female athletes from retrospective self-questionnaires and daily monitoring: impact on well-being and objective performance metrics. Front Sports Act Living. 2025;7:1693190.
10. SantaBarbara KL, Helms ER, Stewart TI, Armour MJ, Harris NK. A Randomized Crossover Pilot Trial on the Influence of a Daily Mindfulness Yoga Practice on Menstrual Cycle Symptoms, Measures of Well-Being, and Training Perception in Athletic Women. Int J Yoga Ther. 2024;34.
11. Colenso-Semple LM, D'Souza AC, Elliott-Sale KJ, Phillips SM. Current evidence shows no influence of women's menstrual cycle phase on acute strength performance or adaptations to resistance exercise training. Front Sports Act Living. 2023;5:1054542.
12. Elliott-Sale KJ, et al. Methodological Considerations for Studies in Sport and Exercise Science with Women as Participants Part II: Guidance for Applied Studies in Elite Female Athletes. Sports Med. 2026;56:2349–2366.
13. D'Souza AC, Wageh M, Williams JS, et al. Menstrual cycle hormones and oral contraceptives: a multimethod systems physiology-based review of their impact on key aspects of female physiology. J Appl Physiol. 2023;135:1284–1299.

여성선수의 월경장애 치료: 월경통·월경과다·PMS의 임상적 접근

이대서울병원

박소연



심포지엄 5: 2026 아이치-나고야 아시안게임 의무지원 활동보고
Symposium 5: Medical Support Report - Asian Games

좌장: 대구대학교 이종삼, 단국대학교 신윤아

김찬혁

학력

강원대학교 의학과 학사

주요 경력

26 아이치 나고야 아시안게임 주치의

25시즌 K1 제주 SK FC 팀 닥터

25년 남자 U20 세계남자라크로스 챔피언쉽 대회의료책임자(CMO)

23-25 한국라크로스협회 의무위원회 의무위원장

2020 도쿄올림픽 스페셜케어팀 의무위원

현재 소속 및 직위

대한체육회 진천선수촌 / 국가대표 선수단 주치의

대표논문

Si Young Song 1, Chae-Hyun Pang 2, Chan Hyoek Kim 2, Jeehyoung Kim 3, Mi Lim Choi 4, Young-Jin Seo Length change behavior of virtual medial patellofemoral ligament fibers during in vivo knee flexion. Am J Sports Med. 2015 May;43(5):1165-71.

아시안게임 대표팀 의무지원 활동보고 - 팀닥터

대한체육회 진천선수촌
김찬혁

1. 대회 개요

제20회 아이치·나고야 아시안게임은 2026년 9월 19일부터 10월 4일까지 16일간 나고야를 중심으로 아이치현 내 여러 도시에서 분산 개최되었으며, 일부 종목은 도쿄와 시즈오카에서 진행되었다. 대한민국은 41개 종목에 선수 792명, 임원 260명 등 총 1,052명의 선수단을 파견하였다.

2. 준비 과정

대회 6개월 전인 2026년 3월 팀닥터 등록을 완료하였으며, 4월 중순 의약품 반입 신청을 마쳤다. 4월 29일에는 진천선수촌 메디컬센터 주관으로 참가 종목 의무 트레이너 간담회를 개최하였다. 대회에 참가하는 의사는 7월 초까지 세계반도핑기구(WADA)의 e러닝 프로그램인 ADEL(Anti-Doping Education and Learning) for Medical Professionals를 수료하여야 했다. 이후 대회 조직위원회가 제공한 메디컬 가이드를 바탕으로 준비 물품을 점검하고 인력 배치를 조정하여 의무실 운영 계획(안)을 수립하였다.

3. 의무지원 체계

의무 인력은 의사 2명(정형외과 1명, 가정의학과 1명)과 물리치료사 6명으로 구성되었다. 종목별로 숙소와 경기장이 분산되어 조직위원회가 선수촌을 조성하지 않았다. 이로 인해 선수촌 종합진료소(Polyclinic)도 운영되지 않았으므로, 대한체육회 의무실 역시 거점별로 분산 배치하였다.

1본부(가든피어) : 대회 운영 본부가 위치하고 농구, 소프트볼, 주짓수, 사이클 등 일부 종목 선수단 약 120명이 숙박한 곳으로, 정형외과 의사 1명과 물리치료사 2명을 배치하였다.

2본부(크루즈) : 유도, 카누, 카바디, MMA, 역도, 레슬링 등 약 300명의 선수단이 숙박한 곳으로, 가정의학과 의사 1명과 물리치료사 2명을 배치하였다.

지역 파견 : 나고야 시내와 나고야에서 약 1시간 30분 거리인 미카와 지역(아이치현 동부)에 물리치료사를 각 1명씩 파견하였다.

정형외과 의사는 1본부와 2본부를 오가며 순회 진료를 시행하였고, 요청이 있는 종목에는 경기장 및 숙소 의무지원을 시행하였다.

4. 의무지원 결과

4.1 진료 현황

대회기간 및 대회 전 1일을 포함한 17일간 선수 106명을 대상으로 총 146건의 진료를 시행하였으며, 일평균 진료 건수는 8.6건이었다. 일일 최다 진료는 BMX 경기가 열린 9월 28일의 27건이었다.

장소별로는 2본부(크루즈)에서 72건, 1본부(가든피어)에서 39건으로 전체 진료의 76%가 두 본부에서 이루어졌다. 의무지원을 나간 경기장과 숙소에서는 각각 18건, 13건을 시행하였다. 또한 개최지가 국내와 가까워 귀국 후 진천선수촌에서 추가 진료한 사례가 2건(1명) 있었다.

*2건의 경우 의무실을 거치지 않고 바로 현지 병원 진료 시행

4.2 종목별 현황

진료 건수가 많은 종목은 핸드볼(14건), 소프트볼(14건), 하키(14건), 펜싱(11건) 순이었다. 펜싱과 핸드볼은 경기장과 숙소로 의무지원을 나가 진료 접근성이 높았고, 소프트볼은 숙소가 의무실과 인접하여 진료 건수가 많았던 것으로 판단된다. 반면 BMX는 선수가 적고 의무지원을 나가지 않았음에도 인당 진료 건수가 높은 편(3명, 7건) 이었으며, 부상의 중증도 또한 높았다.

4.3 부상 및 질병

전체 진료 중 부상은 68명에게서 86건(58.9%)이 발생하였고, 질병은 51명에게서 60건(41.1%)이 발생하였다(중복 인원 13명).

부상

부상 부위는 허리(16건), 어깨(13건), 무릎(11건), 손목(6건) 순이었으며, 손상 기전은 과사용이 가장 많았다. 근육과 인대 손상이 전체 부상의 50%를 차지하였으며 골절은 5명에게서 총 7건 발생하였다. 이 중 6건은 확진, 1건은 의증이었다. 골반골 골절(골반환 손상 아님) 1건 외에 6건(쇄골 1례, 상완골 1례-의증, 요골과 요골두 각 1례, 수근골 1례, 수지골 1례)이 모두 상지에서 발생하였다.

결장이 필요한 부상은 13명(18건)에서 발생하였으며, 이 중 11명은 경기 중, 2명은 훈련 중 발생하였다. 진단별로는 골절 4명, 인대 손상 4명, 근육 손상 2명, 뇌진탕 3명이었다.

질병

질병 60건 중 호흡기계 감염이 35건(58.3%)으로 가장 많았고, 피부 질환 11건, 위장관계 질환 7건이 뒤를 이었다. 결장이 필요한 질병은 1건으로, 고열과 근육통을 주소로 현지 병원에서 인플루엔자 양성 진단을 받아 격리 조치하였으며, 해당 선수는 잔여 경기를 기권하였다.

대회 후반 전완부(레슬링 종목)와 대퇴부(스포츠 클라이밍 종목)에 봉와직염이 각 1례 발생하였으며, 이 중 1례는 약물치료에 호전되지 않아 메디컬룸에서 절개 및 배농을 시행하였다.

5. 결론

첫째, 총 진료 건수는 146건으로 직전 대회(2022 항저우 아시안게임, 1074건) 대비 약 7분의 1 수준이었으며, 이는 진료 기록 방법의 차이 및 선수촌 종합진료소 미운영과 분산된 의무지원 체계로 인한 진료 접근성 저하가 영향을 미친 것으로 판단된다.

둘째, 결장이 필요한 부상은 13명(18건)에게 발생하였으며, 전체 부상 86건의 20.9%에 해당하였다. 특히 사이클 종목(BMX, 도로, 트랙)에서 5명에게 10건의 부상이 발생하였으며, 이 중 4명이 부상으로 결장하여 중증도가 높았다.

셋째, 질병은 호흡기계 감염이 가장 많았다. 인플루엔자 양성 선수 1명이 발생한 종목에서는 신속한 진료에도 불구하고 동일 종목 선수 및 관계자에게 전파가 발생하였으나, 종목별로 숙소가 분리되어 있어 타 종목으로의 전파는 없었다.

넷째, 레슬링이나 스포츠 클라이밍 등 마찰이 많은 종목이나 접촉 스포츠의 경우 피부 감염이 의심되는 초기에 적극적인 항생제 처방과 병변 경계 표시와 추적 등의 처치가 필요하다.

6. 제언

첫째, 의무기록 양식을 일원화해야 한다.

이번 대회에서는 의무 인력별로 기록 형태가 달라 대회 후 통계를 정리하는 데 많은 시간이 들었다. 여러 명의 의사 및 치료사가 참여하는 종합대회에서는 IOC 손상·질병 감시 코드 체계를 기반으로 한 공통 기록지를 사전에 배포하고 매일 취합한다면, 기록의 정확도와 통계 활용도를 함께 높일 수 있다.

둘째, 분산 개최를 전제로 한 의무지원 모델이 필요하다.

최근 종합대회는 기존 시설을 활용한 광역·분산 개최가 하나의 흐름으로 자리 잡았으며, LA 2028과 브리즈번 2032 역시 이러한 형태로 계획되어 있다. 이번 대회처럼 선수촌 종합진료소 없이 숙소까지 분산된 환경은 앞으로도 반복될 가능성이 높다. 따라서 향후 대회에서는 거점 의무실 배치, 순회 진료, 현지 의료기관 연계 체계를 준비 단계에서부터 설계해야 한다. 특히 부상 위험이 높은 종목을 고려한 의무지원 설계가 필요하다.

셋째, 감염병 대응 지침을 사전에 마련해야 한다.

이번 대회 질병의 58.3%가 호흡기계 감염이었으며, 인플루엔자 확진 선수의 동일 종목 내에서 다수의 유증상자가 확인되었다. 대회 개최 시기 및 현지 유행 상황에 따라 출국 전 예방접종을 실시하고 이동 및 밀집 공간에서의 마스크 착용을 권고해야 한다. 발열 환자를 조기에 식별하고 신속항원검사 키트 구비하여 빠르게 진단 격리하고 보고하는 체계를 확립할 필요가 있다.

위 내용은 선수촌 종합진료소 없이 숙소와 경기장이 모두 분산된 환경에서 치러진 이번 아시안게임의 대한민국 선수단의 부상·질병을 기록한 사례이다. 본 자료가 향후 분산 개최 대회의 의무 인력 규모 산정과 거점 배치 설계의 기초자료로 활용되기를 기대한다.

문성환

학력

동의과학대학교 물리치료과 전문학사

동의과학대학교 물리치료과 학사

부경대학교 체육학 석사

주요 경력

피겨스케이트 꿈나무 의무트레이너

스피드스케이트 청소년 후보 의무트레이너

TWP 트레이닝 센터 물리치료사

2026 아이치-나고야아시안게임 의무 임원

현재 소속 및 직위

대한체육회 진천선수촌 메디컬센터 주무

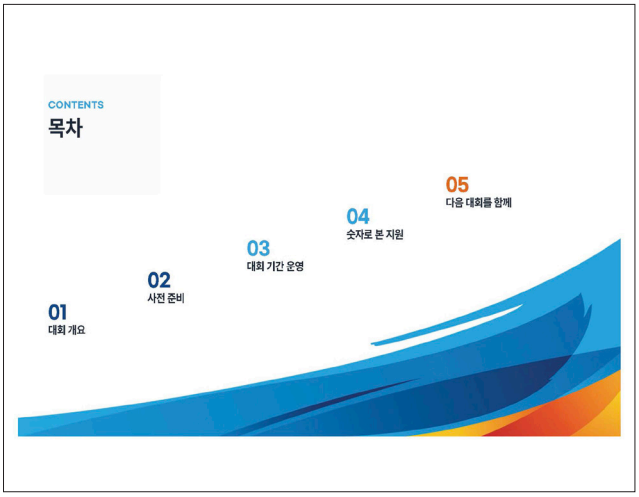
대표논문

1. Moon, S., Seo, G., Lee, J., Li, W., Yu, I. Y., & Kim, T. G. (2026). Effects of unstable loads and surfaces on core and lower limb muscle activation during Bulgarian squats. Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation, 39(3), 1009-1020.
2. Jeong, K. Y., Kim, T. G., Moon, S. H., Kim, S. Y., & Yu, I. Y. (2026). Effects of Ankle and Gluteus Medius Kinesio Taping on Dynamic Balance and Lower Extremity Biomechanics in Individuals with Ankle Sprain. PNF and Movement, 24(1), 85-100.
3. Moon, S. H., Ha, D. W., Jeong, K. Y., Jang, D. N., Yu, I. Y., & Kim, T. G. (2024). Effects of combined external rotation and retraction exercises on scapular alignment and muscle activation in individuals with rounded shoulders. Korean Society of Physical Medicine, 19(4), 87-101.

아시안게임 대표팀 의무지원 활동보고 - 물리치료

대한체육회 진천선수촌

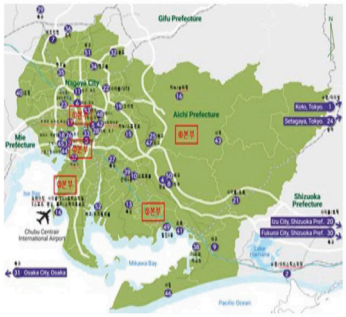
문성환



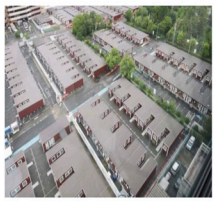














사전 준비

02

준비 타임라인

1 D-5개월 의무지원단 구성
인력 선발
구역별 배치 계획

2 D-3개월 현지 정보 수집
숙소·경기장 동선
기후·전압 등 환경 확인

3 D-1개월 리커버리 용품 및 의약품 지급
컨디셔닝 용품 및 진료를 받기 힘든 구역 종목 상비약 지급

4 D-14일 출국·현장 세팅
선발대 지료실 세팅
인력 체계 구축

5 D-2일 물품 준비·점검
구역별 키트 구성
수량 산정·포장

리커버리 용품 및 의약품 사전 지급



준비 물품 목록



준비 물품 목록



준비 물품 목록



대회 기간 운영

03

의무실 운영 안내



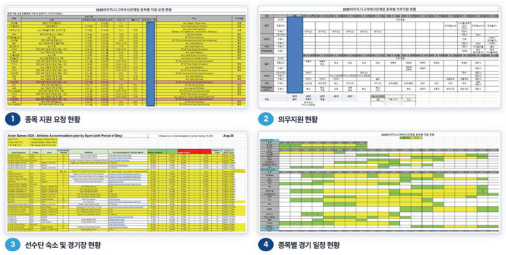
1.2 본부 의무실



실시간 공유 시스템으로 함께 운영한 의무지원



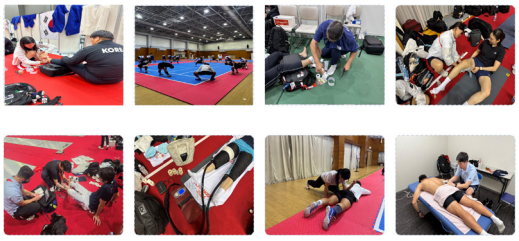
실제 운영 화면



1 종목 지원 요청 현황 2 의무지원 현황

3 선수단 숙소 및 경기장 현황 4 종목별 경기 일정 현황

현장 의무 지원



숫자로 본 지원

04

숫자로 본 의무지원

의무실 진료 인원

339명

선수 311 · 지도자 14 · 본부임원 14

물리치료(종목별)

845건

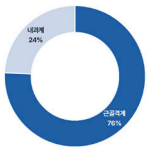
415명 · 경기기 도수 692 · 테이핑 183

체외충격파

103건

56명

진료과 구분 339명



진료 대상

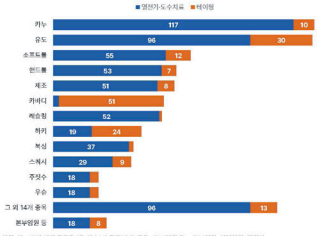
선수	311명
지도자	14명
본부임원	14명

처방 유형

진료	339건
복약	127건
처치	41건
전원	6건

진료 인원의 76%가 근골격계 — 물리치료가 의무지원의 중심이었습니다.

종목별 물리치료 현황



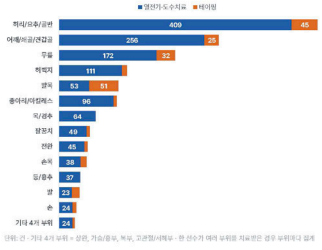
한눈에 보기

카누 127 · 유도 126건
두 종목이 전체 845건의 약 30%

카바디는 테이핑 중심
54건 중 51건이 테이핑

26개 종목 + 임원 지원
그 외 14개 종목 합계 109건

부위별 물리치료 현황



한눈에 보기

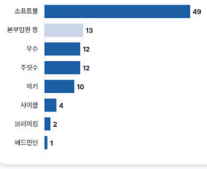
허리 · 어깨 · 무릎
세 부위가 전체의 58% (939건)

허리/요추/골반 454건
전체 1,609건 중 단일 부위 최다

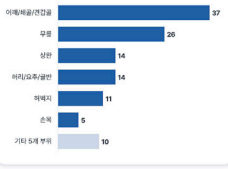
발목은 테이핑 비중 최고
104건 중 51건이 테이핑

체외충격파 치료 현황

종목별 103건



부위별 117건



소프트볼 49건 (종목별의 48%) · **어깨 · 무릎 63건** (부위별의 54%)

숫자로 본 물리치료 건수: **2022**항저우와 비교

2022 항저우
1,745건
열전기 도수 1,237 · 테이핑 508

2026 아이치-나고야
845건
열전기 도수 662 · 테이핑 183

총 물리치료 건수 변화
-52% (-900건)

대회별 물리치료 건수 단위: 건



열전기·도수치료	테이핑	합계
1,237 → 662	508 → 183	1,745 → 845
-46%	-64%	-52%

기존의 빌리지 형식이 아닌 분산 개최로 인한 건수 감소로 사료되어짐

응급 상황 대응 체계

1 부상 발생 → 2 현장 1차 대응 → 3 본단 공유 → 4 의사 지원 → 5 일일보고 작성

주요 응급 대응 사례 8건

일자	종목	상황	조치 · 결과
9.10	사이클(도로) A	중반 중 낙차 (기도폐쇄 호흡)	방향 이송 · 배출 · 골반 골절 진단 → 귀국 후 추가 검토
9.10	사이클(도로) B	중반 중 낙차 (기도폐쇄 호흡)	말초 미확인 · 현장복귀 경기 종한 유지
9.20	근대5종 C	결승선 통과 후 쓰러짐 (의식동)	일반 처치로 구급차 이송 → 수액 처치 후 숙소 복귀
9.21	MMA D	경기 중 넘어지며 골절	해골 골절 진단 · 부목 조치 → 기본 후 귀국
9.21	가계체조 E	도약 착지 시 무릎 통이탈	무릎 인대 부분 파열 진단 → 남은 경기 불참
9.28	사이클 F	중반 중 접촉 사고	MRI 전방십자인대 부분 파열 · 보조대 · 목발 → 조기 귀국
9.30	테니스 G	고열 (인플루엔자 양성)	경기 기권 후 귀국
10.2	럭비 H	태클 중 견관부 부상	쇄골 골절 진단 → 견수인대 귀국 후 진료

다음 대회를 함께

05

돌아보며: 잘된 점과 아쉬운 점

+ 잘된 점

- 구역에 맞춘 운영 설계
- 실시간 공유 시스템
- 사전 지급으로 공백 보완

! 아쉬운 점

- 분산 개최로 의무실 접근성이 떨어짐
- 의사 지원의 거리 한계

다음 대회, 함께 준비해요

메디컬센터가 준비하겠습니다

01 구역 특성에 맞춘 인력·장비 배치
02 검증된 휴대 키트와 사전 지급 확대
03 원격 협진 체계 마련

지도자·트레이너께 부탁드립니다

01 의무실 이용 안내를 선수들에게 전달
02 지원 요청은 2일 전, 일정 변경은 바로 공유
03 팀 트레이너와 역할 분담, 소통 창구 일원화

다음 무대: 2028 LA 올림픽 · 2030 도하 아시안게임



초청세션 4: JSCSM Travelling Fellow 세션
Invited Session 4: JSCSM Travelling Fellow

좌장: 경희대병원 이종하, 인하대병원 류동진

Takayuki Kitahara, MD PhD

사단법인 대한스포츠의학회 제69차 추계학술대회

PROFESSIONAL SUMMARY

Board-certified orthopaedic spine surgeon and PhD researcher specializing in minimally invasive full-endoscopic spine surgery (FESS) performed under local anesthesia, with a clinical focus on lumbar disc herniation, foraminal stenosis, and spondylolysis in elite athletes. Trained as a clinical fellow in transforaminal endoscopic surgery under Prof. Koichi Sairyo at Tokushima University. Research interests span sports spine pathology (e.g., facet tropism and minimal disc herniation), radiation safety in endoscopic surgery, bone regeneration and nonunion (rhBMP-2 / cellular senescence), and medical digital transformation (DX). Author of more than 20 peer-reviewed publications. Selected as a 2026 JSCSM–KSSM Traveling Fellow (Japan-Korea).

EDUCATION

2021- 2025 PhD, Doctor of Medical Science (Ph.D.) - Osaka University Graduate School of Medicine
- Department of Orthopaedic Surgery
Doctoral research on bone regeneration and the treatment of nonunion targeting cellular senescence.

2009- 2015 MD, Doctor of Medicine - Nagasaki University School of Medicine

BOARD CERTIFICATIONS & QUALIFICATIONS

- Board-Certified Orthopaedic Surgeon, Japanese Orthopaedic Association (JOA)
- JOA-Certified Spine Surgeon (Japanese Orthopaedic Association)
- JOA-Certified Sports Physician (Japanese Orthopaedic Association)
- Clinical Fellow in Endoscopic Spine Surgery, Japanese Society for Spine Surgery and Related Research (at Tokushima University; supervisor: Prof. Koichi Sairyo), 2025
- ICLS / ACLS provider; completed palliative care training

CLINICAL & ACADEMIC APPOINTMENTS

Apr 2026- present Associate Chief, Department of Orthopaedic Surgery - Osaka Police Hospital, Osaka (spine & spinal cord surgery; sports-related spinal injuries)

Apr 2025-Mar 2026 Clinical Fellow / Medical Staff, Department of Orthopaedic Surgery
- Tokushima University Hospital — endoscopic spine surgery fellowship

Apr 2021-Mar 2025 PhD Candidate, Department of Orthopaedic Surgery
- Osaka University Graduate School of Medicine

Apr 2020- Mar 2021	Orthopaedic Surgeon (Medical Staff) - JCHO Hoshigaoka Medical Center
Apr 2019- Mar 2020	Senior Resident, Orthopaedic Surgery - JCHO Osaka Hospital
Oct 2018-Mar 2019	Orthopaedic Surgeon - Osaka University Hospital
Apr 2017 – Sep 2018	Senior Resident, Orthopaedic Surgery - Itami City Hospital
Apr 2015 – Mar 2017	Junior Resident (initial clinical training)
	- Daini Osaka Police Hospital / Osaka University Hospital

HONORS, AWARDS & FELLOWSHIPS

2026 JSCSM–KSSM Traveling Fellow (Japan–Korea) - Japanese Society of Clinical Sports Medicine / Korean Society of Sports Medicine

2025 Best Presentation Award (Highest Award) - 28th Annual Meeting of the Japanese Society for Minimally Invasive Spine Surgery (JASMISS)

2024 International Academic Exchange Grant - Ginkgo-kai Foundation for the Promotion of Medical Science

2018 Best Presentation Award — 57th Osaka Fracture Research Society

2017 Best Resident Award — Osaka University Hospital

AREAS OF CLINICAL & RESEARCH EXPERTISE

- Full-endoscopic spine surgery (TF-FESS, foraminotomy, discectomy, Kambin LIF) under local anesthesia
- Sports spine: lumbar disc herniation, facet tropism, and spondylolysis in elite athletes; return to play
- Radiation safety and intraoperative imaging in endoscopic spine surgery
- Bone regeneration, nonunion, rhBMP-2 delivery, and senescent-cell–targeted therapy
- Medical digital transformation (DX): clinical scoring apps and surgical education tools

PEER-REVIEWED PUBLICATIONS — FIRST / LEAD AUTHOR (ENGLISH)

1. Kitahara T, Fujitani J, Soeda S, Ohshima T, Ono N, Nagao Y, Nakajima D, Takeuchi M, Manabe H, Morimoto M, Tezuka F, Kageyama H, Sairyo K. Transforaminal Endoscopic Lumbar Discectomy Under Local Anesthesia for Small-Sized Lumbar Disc Herniation in Elite Athletes. International Journal of Spine Surgery. 2026;18:8858. doi:10.14444/8858. PMID: 42150860.
2. Kitahara T, Morimoto M, Watanabe S, Ohshima T, Soeda S, Nakajima D, Takeuchi M, Kageyama H, Fujitani J, Manabe H, Tezuka F, Sairyo K. Full-Endoscopic Trans-Kambin Triangle Lumbar Interbody Fusion: Surgical Technique. Journal of Visualized Experiments (JoVE). 2026;(May):e71020. doi:10.3791/71020.
3. Kitahara T, Ohshima T, Ono N, Nagao Y, Soeda S, Nakajima D et al. Latent Risk of Visceral Injury in Upper Lumbar Endoscopic Surgery: A Prone-Position CT Analysis Identifying Low BMI as a Predictor

of Narrow Safety Margins. International Journal of Spine Surgery. 2026 (in press)

4. Kitahara T, Morimoto M, Ono N, Ohshima T, Nagao Y, Soeda S, et al. Maximal Facet Tropism of 10.8° as a Quantitative Cutoff for Predicting Lumbar Disc Herniation in Young Elite Athletes: A Retrospective Case-Control Study in Japan. Asian Spine Journal. 2026. doi:10.31616/asj.2025.0578
5. Kitahara T, Morimoto M, Ono N, Ohshima T, Nagao Y, Soeda S, et al. Patient-Specific 3D-Printed Reference Rod for "Smiley Face Rod" Repair of Lumbar Spondylolysis in a High-BMI Patient. Spine Surgery and Related Research. 2026;10(3):511-515. doi:10.22603/ssrr.2025-0418
6. Nguyen VT, Kitahara T, Nagao Y, et al. Regression of lumbar ossification of the ligamentum flavum after indirect decompression via full-endoscopic trans-Kambin's triangle lumbar interbody fusion: A 3-year case report. NMC Case Rep J. 2026;13(0):135-140. doi:10.2176/jns-nmc.2025-0401
7. Kitahara T, Ohshima T, Ono N, Nagao Y, Soeda S, Sugiura K, et al. Transforaminal Full-Endoscopic Lumbar Foraminotomy Under Local Anesthesia for L5/S1 Adjacent Segment Foraminal Stenosis. Journal of Visualized Experiments (JoVE). 2025;(224). PMID: 41182968.
8. Kitahara T, Nagao Y, Ohshima T, Ono N, Soeda S, Takeuchi M, et al. Staged Full-Endoscopic Foraminotomy for Multilevel Lumbar Stenosis with Scoliosis: A Case Report. NMC Case Report Journal. 2025.
9. Kitahara T, Nagao Y, Ono N, Ohshima T, Soeda S, Sugiura K, et al. Successful Return to Elite Competition Following a Foraminal Block for Minimal Far-Lateral Disc Herniation at L5–S1: A Report of Two Cases. NMC Case Report Journal. 2025.
10. Kitahara T, Tateiwa D, Hirai H, Ikuta M, Furuichi T, Bun M, Ukon Y, Kanie Y, Furuya M, Fujimori T, Okada S, Kaito T. rhBMP-2-Loaded Hydroxyapatite/β-Tricalcium Phosphate Microsphere/Hydrogel Composite Promotes Bone Regeneration in a Novel Rat Femoral Nonunion Model. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. 2024;12:1461260. PMID: 39434714.

PEER-REVIEWED PUBLICATIONS — CO-AUTHOR (ENGLISH, SELECTED)

1. Bun M, Ukon Y, Ikuta M, Kitahara T, Furuichi T, Hirai H, Tateiwa D, et al. Senescent Cells Are Involved in the Deterioration of Bone Microstructure by High-Frequency Parathyroid Hormone 1-34 Administration and Bone Loss. Aging Cell. 2026;25(1):e70331. PMID: 41432314.
2. Kanie Y, Kaito T, Takenaka S, Kitahara T, Furuya M, Ukon Y, Fujimori T, Okada S. Optimal Measurement of Sacral Obliquity in Adolescent Idiopathic Scoliosis-Associated Sacral Deformity. Journal of Neurosurgery: Spine. 2026;44(4):547–553. PMID: 41576370.
3. Furuichi T, Hirai H, Kitahara T, Bun M, Ikuta M, Ukon Y, Tateiwa D, et al. Plasma-Induced Amine-Modified PEEK Promotes Osteointegration via Multiple Osteogenic Pathways and Macrophage Modulation. ACS Biomaterials Science & Engineering. 2026;12(1):244–258.
4. Furuichi T, Hirai H, Kitahara T, et al. Nanoclay Gels Attenuate BMP2-Associated Inflammation and Promote Chondrogenesis to Enhance BMP2-Spinal Fusion. Bioactive Materials. 2024;44:474–487.

PMID：39559426.

5. Ukon Y, Kaito T, Hirai H, Kitahara T, et al. Cellular Senescence by Loss of Men1 in Osteoblasts Is Critical for Age-Related Osteoporosis. Aging Cell. 2024;23(10):e14254. PMID：39384404.
6. Ukon Y, Hosoya S, Morita K, Yokozeki Y, Kataoka T, Kitahara T, et al. Identification of Unapproved Orthopedic Regenerative Medicine：Usefulness of the Act on the Safety of Regenerative Medicine. Stem Cell Reports. 2024;19(5):597－603. PMID：38701779.
7. Tateiwa D, Iwamoto M, Kodama J, Ukon Y, Kitahara T, et al. A Synthetic Retinoic Acid Receptor γ Antagonist (7C)-Loaded Nanoparticle Enhances BMP-Induced Bone Regeneration in a Rat Spinal Fusion Model. The Spine Journal. 2024;24(5):899－908. PMID：38092193.
8. Kanie Y, Takenaka S, Kitahara T, et al. Appropriate Pelvic Obliquity Measurement Method in Lenke Type 5C Adolescent Idiopathic Scoliosis：A Preliminary Study. Journal of Spine Surgery. 2024;10(2):255－263. PMID：38974492.
9. Tateiwa D, Nishida M, Kodama J, Hirai H, Nakagawa S, Ukon Y, Kitahara T, et al. Development of a Novel Rat Long-Bone Nonunion Model and Efficacy Evaluation of a Prostaglandin EP4 Selective Agonist (AKDS001) Combined with Iliac Bone Grafting. Bone & Joint Research. 2025;14(3):166－175.
10. Ikuta M, Harumningtyas AA, Ito T, Fujita K, Kitahara T, et al. Comparing the Osteogenic Effects of Sputtered Titanium- and Strontium Titanate (STO)-Modified Polyetheretherketone. Emergent Materials. 2025.
11. Ohshima T, Ono N, Kitahara T, Nagao Y, Soeda S, Morimoto M, et al. Utility of Computed Tomography-Guided Navigation for Full-Endoscopic Pars Crisscross Decompression：A Technical Note. International Journal of Spine Surgery. 2026.
12. Kageyama H, Sugiura K, Watanabe S, Kitahara T, Ohshima T, Soeda S, et al. Transforaminal Full-Endoscopic Thoracic Foraminoplasty Performed Under Local Anesthesia for Foraminal Stenosis Associated with Degenerative Scoliosis：Illustrative Case. Journal of Neurosurgery：Case Lessons. 2026;11(17).
14. Le Minh D, Morimoto M, Kitahara T, Ohshima T, Nagao Y, Ono N, et al. Transforaminal Full-Endoscopic Surgery for a Juxta-Facet Cyst Under Local Anesthesia：A 2.5-Year Follow-Up of Ligamentum Flavum Repair - A Case Report. The Journal of Medical Investigation (JMI). 2026;73(1.2):88－91.
15. Ohshima T, Fujitani J, Tomonari K, Ono N, Kitahara T, et al. Rehabilitation Management for a Dysfunctional/Non-Painful (DN) Joint Causing Low Back Disorder in an Elite Athlete：A Case Report. The Journal of Medical Investigation (JMI). 2026;73(1.2):274－280.
16. Kageyama H, Sugiura K, Morimoto M, Manabe H, Tezuka F, Kitahara T, et al. Sequential Full-Endoscopic Decompression Under Local Anesthesia for Concurrent L4/5 Lateral Recess and L5/S1 Foraminal Stenosis Due to Stable Isthmic Spondylolisthesis：A Case Report. Journal of Neurosurgery：Case Lessons. 2025.

BOOKS, CHAPTERS & REVIEW ARTICLES (JAPANESE)

1. Kitahara T, Ishiguro H, Kaito T. Intervertebral Disc Regeneration Using Mesenchymal Stem Cells. Clinical Orthopaedic Surgery (Rinsho Seikei Geka), Igaku-Shoin, Tokyo. 2022;57(11):1307–1312.
2. Kitahara T, Sonobe A, Mae H. Medical DX: "Seikei-geka Koredake" - An Application for Orthopaedic Clinical Support and Physician Education. Orthopaedic Surgery and Traumatology (Seikei-Saigai Geka). 2024;67(10):1219–1225.
3. Kitahara T. Enhancing operational efficiency with the orthopedic clinical support and medical education app "Medeco Pro": Reducing the time to "search, calculate, and communicate" in outpatient care, wards, and surgical preparation [in Japanese]. Orthopedic Surgery (Rinsho Zasshi Seikei Geka). 2026;77(6)

INTERNATIONAL PRESENTATIONS (PRESENTER)

1. Kitahara T, et al. Anatomical Pitfalls and Clinical Findings of TF-FESS in the Upper Lumbar Spine. TSESS Annual Meeting 2025, Taiwan.
2. Kitahara T, et al. Minimal Lumbar Disc Herniation in Elite Athletes: Diagnostic Challenges and TF-FESS Under Local Anesthesia. TSESS Annual Meeting 2025, Taiwan.
3. Kitahara T, et al. A Novel Treatment Strategy for Nonunion Targeting Bone Senescence. 71st Orthopaedic Research Society (ORS) Annual Meeting 2025, USA.
4. Kitahara T, et al. Effects of rhBMP-2-Loaded HA Granules/β-TCP Hydrogel on a New Rat Model of Nonunion. 70th Orthopaedic Research Society (ORS) Annual Meeting 2024, USA.
5. Kitahara T, et al. A Novel Treatment Strategy for Nonunion Targeting Senescent Cells. Annual Meeting of the Korean Orthopaedic Association, 2023.
6. Kitahara T, et al. A Novel Treatment Strategy for Nonunion Targeting Senescent Cells. 2nd BioSpine Asia Pacific, 2023.
7. Kitahara T, et al. Treatment for Periprosthetic Femoral Fracture After Total Hip Arthroplasty and Bipolar Hip Arthroplasty. 38th SICOT Orthopaedic World Congress, 2017.

PROFESSIONAL SOCIETY MEMBERSHIPS

Japanese Orthopaedic Association (JOA) · Japanese Society for Spine Surgery and Related Research · Japanese Society for Minimally Invasive Spine Surgery (JASMISS) · Japanese Society for Lumbar Spine Disorders · Japanese Society of Sports Orthopaedic Surgery · Japanese Society of Clinical Sports Medicine (JSCSM) · Japanese Spine Sports Research Group · Central Japan Association of Orthopaedic Surgery & Traumatology · Orthopaedic Research Society (ORS, USA)

Minimal Lumbar Disc Herniation in Elite Athletes: TF-FESS Under Local Anesthesia

Takayuki Kitahara, MD PhD

Takayuki Kitahara, MD PhD

Masato Chijimatsu, PT PhD

Professional Profile

Physical therapist and clinical researcher specializing in sports physical therapy, rehabilitation after anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction, biomechanics, and motion analysis. My research focuses on movement assessment, return-to-sport evaluation, injury prevention, and the translation of biomechanical findings into clinical rehabilitation practice.

Education

PhD in Medicine

Hirosaki University Graduate School of Medicine, Japan (2021–2024)

Master of Health Sciences (MS)

Hokkaido University Graduate School of Health Sciences, Japan (2016–2018)

Bachelor of Health Sciences in Physical Therapy

Hokkaido University, Japan (2012–2016)

Professional Experience

Chief Physical Therapist, Department of Rehabilitation, Hirosaki University Hospital, Japan (2024–Present)

Physical Therapist, Department of Rehabilitation, Hirosaki University Hospital, Japan (2021–2024)

Physical Therapist, Matsuda Orthopaedic Memorial Hospital, Japan (2018–2021)

Research Interests

ACL injury and reconstruction; Sports rehabilitation; Biomechanics and motion analysis; Return-to-sport evaluation; Injury prevention; Sports physical therapy

Research Grants

* Japan Sports Medicine Foundation Research Grant (2024–2027)

Project: Factors Associated with Kinematic and Kinetic Asymmetry at Return to Sport After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Role: Principal Investigator

* Ishimoto Memorial Descente Sports Science Foundation Research Grant (2025)

Project: Investigation of Knee Impact Loading During Basketball Using Wearable Sensors Role: Co-Investigator

* Aomori Sports Medicine Research Society Research Grant (2022)

Project: Investigation of Compensatory Movement Strategies During Double-Leg and Single-Leg Squatting After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

Role: Principal Investigator

Selected Publications

1. Chijimatsu M, et al. Association of the center of pressure position, trunk and lower limb joint kinematics with knee extensor moment during single-leg squatting after anterior cruciate ligament reconstruction. Clinical Biomechanics. 2025;130:106669. doi:10.1016/j.clinbiomech.2025.106669
2. Chijimatsu M, et al. Anterior–Posterior Center of Pressure Is Associated With Knee Extensor Moment During Landing After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. Journal of Sport Rehabilitation. 2024;33(4):259-266. doi:10.1123/jsr.2023-0193
3. Chijimatsu M, et al. Subsequent Jumping Increases the Knee and Hip Abduction Moment, Trunk Lateral Tilt, and Trunk Rotation Motion During Single-Leg Landing in Female Individuals. Journal of Applied Biomechanics. 2023;39(4):223-229. doi:10.1123/jab.2022-0164
4. Chijimatsu M, et al. Landing Instructions Focused on Pelvic and Trunk Lateral Tilt Decrease the Knee Abduction Moment During a Single-Leg Drop Vertical Jump. Physical Therapy in Sport. 2020;46:226-233. doi:10.1016/j.ptsp.2020.09.006

Professional Activities

* Reviewer, Japanese Society of Sports Physical Therapy (2024–Present)
* Committee Member, ACL Injury Assessment Working Group, Japanese Society of Sports Physical Therapy (2022–Present)
* Sports Science Committee Member, Hokkaido Basketball Association (2020–2022)
* Guideline Development Committee Member, Japanese Physical Therapy Association (2019–2021)

Sports Medicine Experience (Fieldwork)

* Sports Medicine Staff, Hirosaki Sakura Ovals Rugby Football Club (2023–Present)
* Physical Therapist, Athletes' Village Medical Service, 2017 Winter Asian Games (2017)
* Sports Trainer, Hokkaido University Training Center (2017–2020)

Professional Memberships

* Japanese Society of Clinical Sports Medicine
* Japan Sports Orthopaedic Association
* Japanese Society of Sports Physical Therapy
* Japanese Physical Therapy Association
* The Japanese Knee Society

* The Japanese Association of Rehabilitation Medicine
* Japanese Society for Clinical Biomechanics
* The Japanese Society of Physical Fitness and Sports Medicine
* Japanese Society of Musculoskeletal Physical Therapy

Clinical & Research Expertise

* Three-dimensional (3D) motion analysis
* Biomechanical data analysis
* Evidence-based sports rehabilitation after ACL reconstruction
* Objective return-to-sport evaluation

Movement Assessment in Rehabilitation After ACL Reconstruction

Hirosaki University Hospital
Masato Chijimatsu, PT PhD

Takuya Sengoku, PT PhD

EDUCATION

2015 Department of Physical Therapy, Faculty of Health Sciences, Kinjo University, Japan

2018 M.Sc., Kanazawa University, Graduate School of Medical Sciences, Division of Rehabilitation Sciences, Japan

2023 Ph.D., Kanazawa University, Graduate School of Medical Sciences, Department of Orthopaedic Surgery, Japan

PROFESSIONAL EXPERIENCE

2015 - Present Physical Therapist, Department of Rehabilitation, Kanazawa University Hospital, Japan

CLINICAL AND RESEARCH INTERESTS

Sports physical therapy

Anterior cruciate ligament reconstruction

Knee extensor strength after ACL reconstruction

Return to sport after sports injury

RESEARCH SUMMARY

My research focuses on knee extensor strength and muscle function after anterior cruciate ligament reconstruction. In particular, I have investigated postoperative recovery after ACL reconstruction using quadriceps tendon and hamstring tendon grafts. My current research aims to clarify the mechanisms of delayed strength recovery after quadriceps tendon graft harvesting and to develop more effective rehabilitation strategies for safe return to sport.

AWARDS AND HONORS

2023 Excellent Research Award, Ishikawa Hospital Association

2024 Best Research Award, Ishikawa Hospital Association

2024 Young Investigator Paper Award, Japan Sports Orthopaedic Association

2025 Incentive Award, Japanese Society of Sports Physical Therapy

PUBLICATIONS

[Original articles (First authors)]

1. Sengoku T, Nakase J, Morita Y, et al. Anterior cruciate ligament reconstruction with ultrasound-

guided femoral nerve block does not adversely affect knee extensor strength beyond that seen with intravenous patient-controlled analgesia at 3 and 6 months postoperatively. Knee. 2022;34:252-258.

2. Sengoku T, Nakase J, Asai K, et al. The effect of gracilis tendon harvesting in addition to semitendinosus tendon harvesting on knee extensor and flexor strength after anterior cruciate ligament reconstruction. Arch Orthop Trauma Surg. 2022;142(3):465-470.
3. Sengoku T, Nakase J, Mizuno Y, et al. Outcome comparison of femoral nerve block and adductor canal block during anterior cruciate ligament reconstruction: adductor canal block may cause an unexpected decrease in knee flexor strength at 6 months postoperatively. Arch Orthop Trauma Surg. 2023;143(10):6305-6313.
4. Sengoku T, Nakase J, Mizuno Y, et al. Limited preoperative knee extension in anterior cruciate ligament reconstruction using a hamstring tendon affects improvement of postoperative knee extensor strength. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2023;31(12):5621-5628.
5. Sengoku T, Nakase J, Yoshimizu R, et al. Preoperative psychological competitive ability has little relationship with subjective knee function and return to sports at 6 months postoperatively in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol. 2023;35:9-14.
6. Sengoku T, Nakase J, Mizuno Y, et al. Knee flexor strength at 6 months after anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendon can be predicted from that at 3 months. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2024;32(9):2474-2483.
7. Sengoku T, Takata Y, Yoshimizu R, et al. Preoperative Psychological Competitive Ability Is Associated With Emotional States Six Months After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction With Hamstring Autograft: A Prospective Study. Cureus. 2024;16(9):e69099.
8. Sengoku T, Nishikawa Y, Watabe T, et al. Relationship Between Quadriceps Neuromuscular Activity and Knee Extensor Strength at Four Months After ACL Reconstruction in High-Level Young Athletes. Orthop J Sports Med. 2025;13(12):23259671251398455.
9. Sengoku T, Oshima T, Takata Y, et al. Characteristics of lower limb skeletal muscle activity during walking in patients with knee osteoarthritis and knee extensor weakness: Comprehensive assessment using positron emission tomography. J Electromyogr Kinesiol. 2026;86:103085.

CONFERENCE PRESENTATIONS

[Selected presentations]

1. Sengoku T, Nakase J, Yoshimizu R et al. Comparison of postoperative muscle strength between femoral nerve block and adductor canal block during anterior cruciate ligament: Unexpected adductor canal block causing loss of knee flexor strength. AAOS 2023 Annual Meeting; 2023; Las Vegas, Nevada, USA.
2. Sengoku T, Nakase J, Yoshimizu R et al. Preoperative psychological competitive ability is associated

with emotional states 6 months after anterior cruciate ligament reconstruction. AAOS 2023 Annual Meeting; 2023; Las vegas, Nevada, USA.

3. Sengoku T, Nakase J, Kanayama T, et al. Limiting Knee Extension Prior to Anatomic Single Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction and Prolonged Preoperative Rehabilitation Affect Postoperative Quadriceps Strength. AAOS 2024 Annual Meeting; 2024; San Francisco, California, USA.
4. Sengoku T, Nakase J, Takata Y, et al. Factors influencing knee flexor strength 6 months after anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendon. 21st ESSKA Congress; 2024; Milan, Italy.
5. Sengoku T, Takata Y, Ishida Y, et al. Knee extensor strength after anterior cruciate ligament reconstruction in young patients -a comparison of quadriceps and hamstring tendons-. ISAKOS congress; 2025; Munich, Germany.

ACADEMIC AND PROFESSIONAL MEMBERSHIPS

Japanese Society of Clinical Sports Medicine

Japan Sports Orthopaedic Association

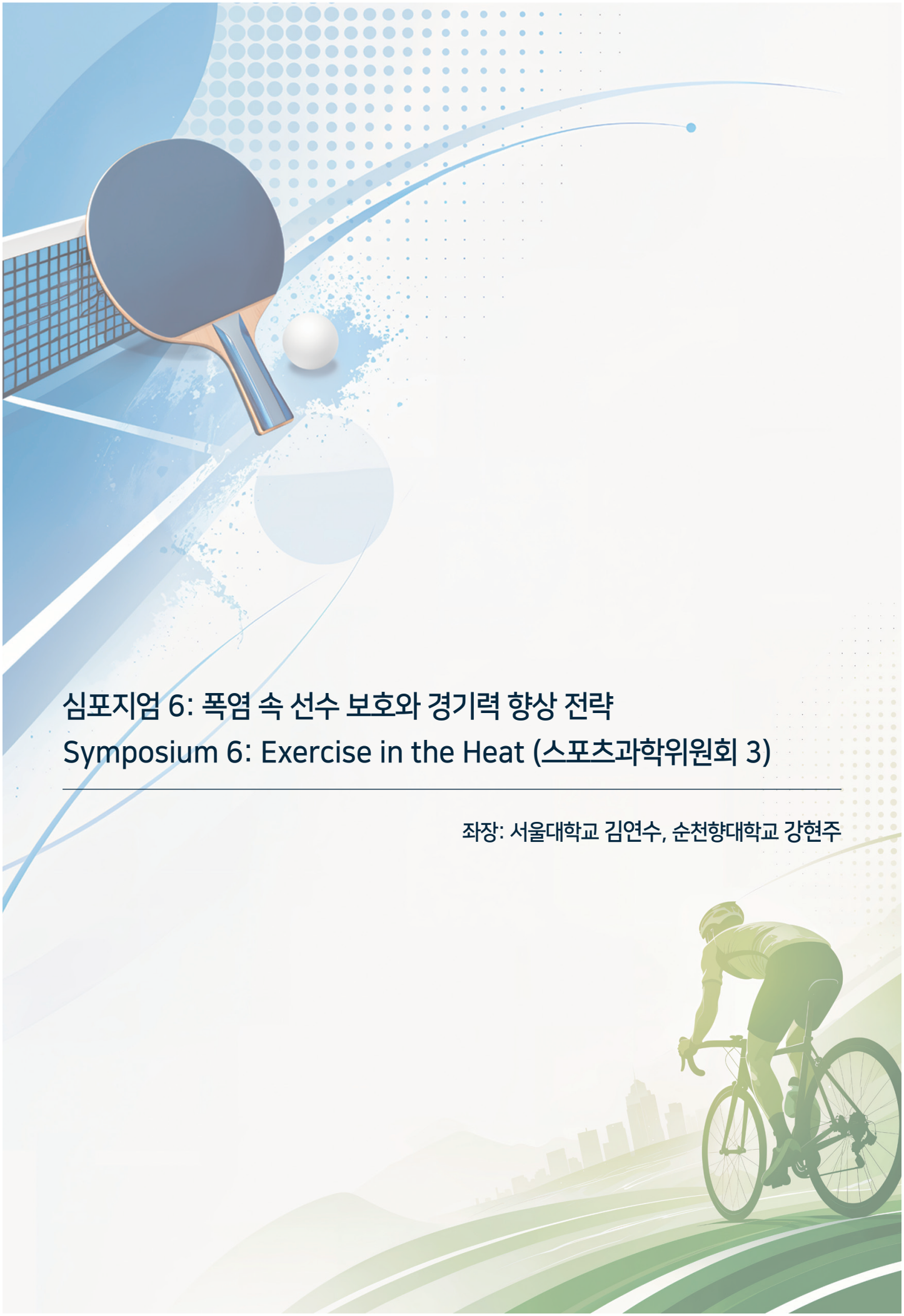
Japanese Knee Society

Japanese Physical Therapy Association

Japanese Society of Sports Physical Therapy

Knee Extensor Strength After ACL Reconstruction Using a Quadriceps Tendon Autograft

Kanazawa Univ.
Takuya Sengoku, PT PhD



심포지엄 6: 폭염 속 선수 보호와 경기력 향상 전략
Symposium 6: Exercise in the Heat (스포츠과학위원회 3)

좌장: 서울대학교 김연수, 순천향대학교 강현주

허찬솔

학력

(2004-2010) 서울대학교 사범대학 체육교육과 학사

(2011-2013) 텍사스오스틴주립대학교 (UT Austin) 운동생리학 전공 (Environmental & Automonic Physiology) 석사

(2013-2015) 텍사스오스틴주립대학교 (UT Austin) 운동생리학 전공 (Environmental & Automonic Physiology) 박사

주요 경력

現) 한국운동생리학회 상임이사

現) 전북특별자치도체육회 스포츠공정위원회 위원

現) 전북대학교 기관생명윤리위원회 (IRB) 위원

現) 전북대학교 사범대학 체육교육과 학과장

現) 주간한국「허찬솔의 생활건강」정기 칼럼니스트

현재 소속 및 직위

전북대학교 사범대학 체육교육과 부교수

대표논문

1. Wang G, Fan J, and Hurr C. Preceding high-intensity interval exercise alters cooling responses during temperate-water immersion after exercise-induced hyperthermia. J Therm Biol, (140) 104560, Aug 2026
2. Wang A, Fu W, Shen B, and Hurr C. Ergogenic effects of intermittent hand cooling on high-intensity resistance exercise performance: a placebo-controlled crossover study. J Strength Cond Res, e562-e570, Jun 2026.
3. Wang A, Brothers RM, and Hurr C. Application of blood flow restriction in hypoxic environment augments muscle deoxygenation without compromising repeated sprint exercise performance. Exp Physiol, 108(5): 728-39, May 2023.

고온 환경 운동의 생리학적 기전: 심혈관 부담과 체온조절의 딜레마

전북대학교

허찬솔

고온 환경에서의 운동은 체온조절 및 심혈관계에 추가적인 생리학적 부담을 유발하며, 운동수행능력에 영향을 미친다. 그러나 이러한 영향은 운동의 강도와 지속시간, 운동 형태에 따라 다르게 나타난다. 장시간 지속되는 지구성 운동에서는 환경온도 상승에 따른 운동수행능력 저하가 관찰되는 반면, 단시간의 폭발적인 운동에서는 근온 상승이 근수축 특성과 파워 발휘에 유리하게 작용할 가능성도 있다. 따라서 고온 환경이 운동수행능력에 미치는 영향을 이해하기 위해서는 운동의 특성과 생리학적 반응을 함께 고려할 필요가 있다.

운동 중 골격근의 대사활동으로 생성된 열은 혈액순환을 통해 피부로 전달되며, 주로 발한에 의한 증발과 복사, 대류 등의 기전을 통해 외부로 방출된다. 그러나 고온다습한 환경에서는 열 방출 능력이 제한되어 심부체온이 상승하고, 발한에 따른 체액 손실이 증가할 수 있다. 또한 활동근의 대사적 요구와 체열 방출을 위한 피부혈류 요구가 동시에 증가하면서 심혈관계에 추가적인 부담이 발생한다. 이러한 상황에서는 심박수 증가, 일회박출량 감소 등의 심혈관계 반응이 나타날 수 있으며, 특히 장시간 운동에서 이러한 변화가 운동수행능력 저하와 관련될 수 있다.

고온 환경에서의 생리학적 부담을 완화하기 위한 전략으로 다양한 냉각 방법이 활용되고 있다. 운동 전 냉각(pre-cooling)과 운동 중 냉각(per-cooling)은 체열 축적을 지연시키거나 열적 부담을 줄여 운동수행능력을 유지하기 위한 목적으로 적용되며, 운동 후 냉각(post-exercise cooling)은 상승한 체온을 낮추고 회복을 돕기 위한 목적으로 활용된다. 다만 냉각의 효과는 적용 시점과 방법, 운동 형태 및 선행 운동에 따른 생리학적 상태에 따라 달라질 수 있다.

본 강의에서는 고온 환경에서 운동 형태에 따른 수행능력의 차이를 살펴보고, 체온조절과 심혈관계의 상호작용을 중심으로 운동수행능력 변화의 생리학적 기전을 설명하고자 한다. 아울러 운동 전·중·후 냉각 전략의 생리학적 근거와 적용 시 고려해야 할 요인을 논의하고자 한다.

오성환

학력

연세대학교, 체육교육학과 학사

독일 보훔대학교 스포츠과학 대학원 석사

독일 라이프치히대학교 스포츠과학 대학원 박사

주요 경력

대한축구협회 국가대표팀 피지컬 코치 및 하이퍼포먼스그룹 연구원(2017-2025)

대한축구협회 스포츠과학 소위원회 위원장(2018-2022)

독일 라이프치히 대학교 운동생리학 실험실 연구원(2012-2016)

아시아축구연맹 피지컬 강사(2021-)

독일 라이프치히 대학교 운동생리학 실험실 연구원(2012-2016)

현재 소속 및 직위

현대 소속없음(2017- 2025년까지 대한축구협회 소속)

대표논문

1. Oh, S. H., Mierau, A., Thevis, M., Thomas, A., Schneider, C., & Ferrauti, A. (2018). Effects of different exercise intensities in the morning on football performance components in the afternoon. German Journal of Exercise and Sport Research , 48(2), 235-244. https://doi.org/10.1007/s12662-018-0520-5
2. Seonghwan Oh & Changhwa Joo: Comparison of technical and physical activities between 8 vs. 8 and 11 vs. 11 games in young Korean soccer players, Journal of Exercise Rehabilitation , 2018, 14(2), 253-258

스포츠 환경에서의 열 적응 전략

前 대한축구협회
오성환

고온 환경에서의 축구 경기는 선수의 생리적 부담을 증가시키고 운동수행능력과 회복에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 특히 국내와 기후 조건이 상이한 동남아시아 지역에서 개최되는 국제대회에서는 체계적인 더위 적응(Heat Acclimation&Acclimatization) 전략이 경기력 유지를 위한 중요한 준비 요소로 작용한다.

본 강연에서는 연령별 축구 국가대표팀의 국제대회 준비 과정에서 스포츠과학적 근거를 바탕으로 적용했던 더위 적응 및 경기력 관리 전략을 소개한다. 일반적으로 약 9~14일의 반복적인 열 노출을 통한 생리적 적응과 이후 적응 효과의 유지(Retention)에 관한 연구 결과를 토대로, 대회 약 1개월 전 현지에서 2주간 사전 적응훈련을 실시한 후 국내에서 약 2주간 훈련하고 다시 개최지로 이동하는 단계적 전략을 활용하였다. 국내 체류 기간에는 훈련 후 약 40°C의 온수 침수(Hot Water Immersion)를 10~15분간 적용하여 열 자극을 보완하고 적응 효과의 유지를 도모하였다.

또한 경기 현장에서는 팜 쿨링(palm Cooling), 멘톨을 활용한 열감각 조절, 하프타임 아이스 슬러시 섭취 등 다양한 냉각 전략을 적용하여 선수의 열적 부담과 주관적 더위 인식을 관리하고자 하였다. 훈련 프로그램 역시 고온 환경에서의 불필요한 피로 누적을 최소화하기 위해 체력과 전술을 분리하기보다 통합적으로 구성하고, 훈련의 지속시간과 강도를 조절하여 제한된 시간 내 훈련 목적을 달성하도록 설계하였다.

본 강연은 이러한 현장 적용 사례를 관련 선행연구와 연결하여 살펴보고, 국제대회를 준비하는 축구팀이 기후적 제약과 훈련 여건을 고려하여 더위 적응, 적응 효과의 유지, 경기 중 냉각 및 훈련 부하 관리를 통합적으로 설계하는 실무적 접근을 제시하고자 한다.

Key words
Heat Acclimation, Heat Adaptation Retention, Hot Water Immersion, Cooling Strategies, Football Performance

성호용

학력

육군사관학교 군사학사

미국 이스트캐롤라이나 대학교 운동과학 석사

서울대학교 스포츠의학 박사

주요 경력

육군사관학교 체육교육과장

육군체력연구센터 체력정책연구실장

현재 소속 및 직위

現 육군사관학교 체육교육과장, 부교수

대표논문

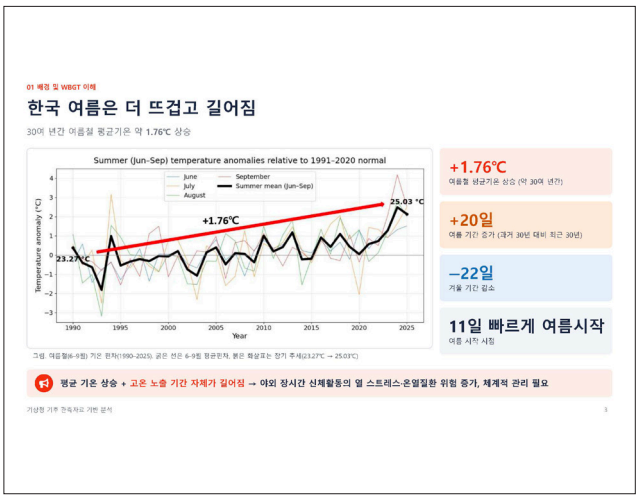
1. Sung, H., & Choe, H. (2026). The relationship between handgrip strength and mortality among Korean adults. Epidemiology and health, e2026047.
2. Sung, H., Kim, G., Ma, X., Choe, H., Han, Y., Yoon, J., ... & Kim, Y. S. (2022). Physical activity trends in Korean adults from Korea National health and nutritional examination survey from 2014 to 2019. International journal of environmental research and public health, 19(9), 5213.
3. 호용성, 건희김, 온이, 재우김, 경배김, 효열문, & 연수김. (2024). Systematic Review and Meta-analysis of Exercise for the Prevention of Musculoskeletal Injuries in Soldiers. The Korean Journal of Sports Medicine, 42(1), 1-11.

WBGT 기반 온열질환 예방에 관한 전문가 합의안 제안

육군사관학교

성호용





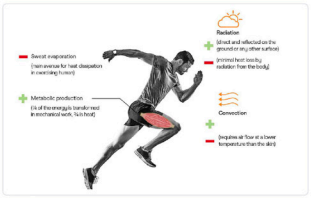




01 배경 및 WBGT 이해

폭염, '땀의 증발'이 체온조절의 핵심

고온 환경에서는 대류·복사 기능보다 증발을 통한 열 배출 의존도가 커짐



World Athletics

대류 (Convection)
피부보다 낮은 온도의 공기 흐름이 필요 → 고온 환경에서는 효과 감소

복사 (Radiation)
태양지면 반사열은 열 획득원 → 체외 방출은 미미함

전도 (Conduction)
접촉면을 통한 열 전달 → 운동 중 기여는 적음

증발 (Evaporation)
운동 중 가장 중요한 열 방출 경로 → 습도가 높으면 땀 증발 저하

01 배경 및 WBGT 이해

WBGT(Wet-Bulb Globe Temperature)

사람의 열 스트레스를 종합 평가하는 WBGT(습구흑구온도)를 활용



같은 기온이라도 습도가 높거나 햇빛이 강하면 WBGT는 더 높아짐 — 습구온도의 비중(0.7)이 가장 큼

현재 활용 FIFA · ITF · ATP · K리그 · 대한테니스협회 · 한국 궁

세 가지 측정값과 가중치

- 습구온도 × 0.7 — 땀 증발에 의한 냉각 정도 반영 → 습도의 영향이 큼
- 흑구온도 × 0.2 — 검은 구체가 흡수하는 열 → 태양 복사열 반영
- 건구온도 × 0.1 — 일반적인 기온(온도계 측정값)

개발과 활용 확대

군 → 산업현장 → 스포츠

군(징시간 활동 인원의 열 스트레스 관리)에서 개발 → 산업현장 → 스포츠로 확대. 영국 FIFA·ITF 등 국제기구, 국내 프로축구·테니스협회, 한국 궁 등에서 열 스트레스 판단지표로 활용

WBGT는 기온·습도·복사열을 함께 고려해 실제 인체가 받는 열 부담을 평가하는 지표

01 배경 및 WBGT 이해

전문가 합의안 도출 절차

국내 스포츠 폭염 대응 기준 제안을 위해 관련 자료를 수집 · 비교 · 정리한 후 전문가 검토에 활용

1 국제 기준 및 적용방식 검토
- 주요 야외 스포츠 5개 종목 선정: 축상 · 테니스 · 축구 · 야구 · 골프
- 종목별 국제연맹 · 프로리그의 WBGT 기준과 실제 적용방식 비교
- ACSM, 일본스포츠협회 등 일반적인 운동 · 열질환 예방기준 추가 검토

주요 비교항목: 임계값 · 측정방식 · 휴식생각 · 경기조정 · 중단·취소 · 재개기준

2 국내 현장 적용현황 확인
- 국내 종목별 WBGT 또는 폭염 대응기준 운영 여부 확인
- 기준 국내 적용기준과 국제기준의 정합성 검토
- 정합적 기준이 미비한 영역 확인
- 국내 프로스포츠 및 체육행사에서의 실제 폭염 대응사례 검토

확인 결과: 축구 · 테니스: 기준 운영 중 / 육상 · 야구 · 골프: 정합기준 미비

3 한국 적용 시 고려사항 검토
- 기상청 체감온도 제시
- 산업안전보건기준 등 국내 법 · 행정적 안전기준
- 국내 폭염사고 및 안전 책임 사례
- 현장 적용 가능성: WBGT 장비 · 측정 여건 · 선수 · 관중 · 생활체육 모임 여부

주요 고려 요소: 체감온도 · 지표 / 법 · 행정 기준 / 사고 · 책임 사례 / 현장 적용성

4 자료 구조화 및 전문가 공유
- 국내 · 외 기준 비교
- 종목별 적용 가능성과 국내 보완 필요사항 도출
- 이를 바탕으로 전문가 합의안 제안

비교: 공인점 · 차이점 정리 / 핵심 권칙 + 단계별 조치안

국제 근거 확인 → 국내 적용현황 검토 → 한국 특수상황 반영 → 전문가 합의안 도출

02 종목별 기준 및 적용현황

육상(distance running): World Athletics의 WBGT 위험수준

WBGT에 따라 위험을 4단계로 구분, 28℃ 초과 시 경기 연기·취소 권고

WBGT 위험수준 구분

18℃ 미만	18–22.9℃	23–28℃	28℃ 초과
낮은 위험	중등도 위험	높은 위험	매우 높은 위험
정상 운동	약 21℃ 전후 부터 주의 표시	열탈진·열사병 위험 증가	경기 연기·취소 권고

WBGT 상승 → 위험수준 단계적 상승

실시간 안내 : 약 21℃ 전후부터 '주의' 단계로 표시
선수에 운영진이 열 스트레스 위험을 미리 인지 하도록 보조

핵심

1. 약 21℃ 전후부터 주의 단계로 인식
2. 23–28℃에서는 열탈진·열사병 위험 증가
3. 28℃ 초과 시 경기 연기·취소 권고

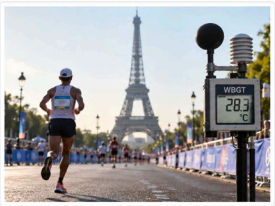
WBGT 28℃ 초과
열탈진·열사병 위험이 매우 높음
→ 경기 연기 또는 취소 권고

위험 수준을 단계적으로 판단하고 경기 운영 여부까지 제안

World Athletics — Air Quality & Heat Five display

02 종목별 기준 및 적용현황

파리올림픽 육상 사례: WBGT를 '운영 판단 지표'로 활용



경기 정상 진행
비교적 온화한 조건에서 정상적으로 진행 되었음

WBGT 지속 측정
현장 열 스트레스 수준을 계속 평가

단일 절대 기준 아님
종목 특성·경기시간·현장 여건을 함께 고려해 취소 여부 판단

복합 대응
고위험 예상 시 경기시간 조정·냉각시설 운영·의료대응체계 강화

시사점: 국내 육상은 별도의 WBGT 경기운영 기준이 명확하지 않아, 현장에 적용 가능한 기준 정리가 필요

World Athletics Endurance Medicine — What makes Paris 2024 a race to records (Part 3: the influence of temperature)

02 종목별 기준 및 적용현황

국내 최근 육상 사례: 공식 기준 부재 속 지역의사회의 자체 WBGT 대응

2026 대구세계마스터스육상경기대회 — 대구시의사회가 'WBGT 기반 폭염 대응 의무지원 가이드라인'을 선제적으로 마련해 운영

대회 개요

- 2026 세계마스터스육상경기대회 (World Masters Athletics Championships (WMAC))
- 90여 개국 · 1만 1천여 명 참가 — 35세 이상 동호인(마스터스) 선수
- 2026년 8월 말 ~ 9월 초 개최 — 늦더위 속 장시간 야외 경기

고령자 위험성 : 나이가 들수록 땀샘 둔도 · 기능이 저하되고 피부 혈류량이 감소 → 체내 열을 피부 쪽으로 발출하는 효율이 급격히 떨어짐

대구시의사회 WBGT 기반 폭염 대응 의무지원 가이드라인

단계	WBGT (℃)	조치 내용
주의	22 – 24.9	워밍업 시간 축소 · 중간 휴식 및 음수 횟수 증가
경계	25 – 27.9	사전 냉각(찬 음료 섭취 · 신체 미리 식히기), 운동 중 전용 스폰지 · 스프레이 항정
위험	28 이상	고강도 야외 운동 중단 · 실내 운동으로 전환

온열 질환 응급대응: 병원 이송보다 현장 냉각 우선
의사공선 없는 그늘 · 냉방 실내로 신속 이동 → 목 · 겨드랑이 · 사타구니에 얼음주머니 및 타월 → 의식이 명확할 때까 수분 보충

시사점

1. 협회 차원의 공식 기준 미확인 — 국내 육상은 공개적으로 확인된 바 없음 · 협회 차원의 WBGT 경기운영 기준이 명확하지 않음
2. 대회별 임시 대응에 의존 — 대회에 따라 지역의사회 등 의료지원 주체 별도의 WBGT 기준을 마련해 대응한 사례만 확인
3. 공식 기준 마련 필요 — World Athletics 기준(28℃ 초과 시 연기 · 취소 권고)과 한랭성을 감안한 한국 자체의 공식 WBGT 경기운영 기준 필요

국내 육상은 공식 기준 부재로 대회별 임시 대응에 의존 → 협회(연맹) 차원의 공식 WBGT 경기운영 기준 마련이 필요

정상일보(2026.8.30) yeongnam.com/web/view.php?key=20260830020394248

02 종목별 기준 및 적용현황

테니스: ITF의 WBGT 경기운영 기준

WBGT 30.1℃와 32.2℃를 기준으로 경기 운영 수정과 경기 중단을 단계적으로 의무 적용



WBGT	주요 조치
< 30.1℃	원칙적으로 정상 경기 진행
≥ 30.1℃	경기 운영 수정 선수 요청에 따라 2·3세트 사이 10분 휴식 허용, 필요 시 경기 시작 지연
≥ 32.2℃	경기 중단 경기 시작 전이면 시작·재개 중단, 진행 중인 경우 해당 게임 종료 후 중단

ⓘ 육상은 종합 판단 강조 ↔ 테니스는 WBGT 수치별 조치를 구체적·의무적으로 규정

테니스는 WBGT 30.1℃와 32.2℃를 기준으로 조치가 비교적 구체적·의무적으로 제시됨

ITF World Tennis Tour Regulations 2026 12

02 종목별 기준 및 적용현황

ATP(Association of Tennis Professionals), 2026년부터 WBGT 기준 공식 적용

2025 Shanghai Masters의 고온·다습 사례가 제도화의 필요성 촉발

2026 ATP WBGT 운영 기준

- 정상 : WBGT < 29.0℃
- 주의 : WBGT 29.0 – 30.0℃
- Extreme Heat Level 1 : WBGT ≥ 30.1℃ → 3세트 전 10분 Cooling Break
- Extreme Heat Level 2 : WBGT ≥ 32.2℃ → 15분 지속 시 경기 중단
- 재개 : WBGT 30.5℃ 미만이 20분 지속 시

2025 Shanghai Masters 사례



Sinner: 경련으로 기권



Djokovic: 극심한 더위 속 경기 요습

- 2025년 당시 WBGT 기준 없음
- 선수들이 고온·다습 환경에서 경기 지속에 어려움 호소
- Sinner는 경련으로 기권, Djokovic도 높은 습도와 더위 부담

ATP는 선수 보호를 위해 WBGT에 따라 휴식 – 중단 – 재개를 단계적으로 관리하는 체계 도입

ATP Official Rulebook 2026; ATP Tour 뉴스 — Shanghai 2025 (Sinner–Griekspoor, Djokovic–Hanfmann) 13

02 종목별 기준 및 적용현황

대한테니스협회(KTA) 폭염 대응: WBGT 기준의 명문화

ITF Extreme Weather Regulation 참고 · WBGT에 따라 경기 운영 조정과 경기 중단을 구분

① 측정 절차

- WBGT 1일 최소 3회 측정
- 1 경기 시작 30분 전
- 2 해당 일자 경기 중간
- 3 마지막 경기 시작 직전 또는 첫 아간경기 시작 직전
- 필요 시 경기 중단 후 재측정 가능

② 경기 운영 조정

WBGT 30.1℃ 이상

- 선수 요청 시 2·3세트 사이 10분 휴식 허용
- 휴식 중 코칭 불가
- 필요 시 레프리 재량으로 경기 시작 연기 가능

폭염주의보 · 경보 예보 시 익일 경기시간 조정 가능

③ 경기 중단

WBGT 32.2℃ 이상

- 경기 시작 전: 기준 해제 시까지 경기시작·재개 중단
- 경기 중: 해당 게임 종료 시점에 중단

안전상 필요 시 더 낮은 수치에서도 재량 중단 가능

대한테니스협회 공지사항(2025.7.7) — KTA 폭염 경기운영 안전대응 매뉴얼 14

02 종목별 기준 및 적용현황

축구: FIFA의 WBGT 대응 기준

WBGT 32℃는 cooling break의 명확한 발동 기준 / 경기 연기·취소는 현장 협의로 결정

핵심 기준

WBGT < 32℃
→ 자동 cooling break 대상 아님

WBGT ≥ 32℃
→ cooling break 의무 실시

32℃가 자동적인 경기 연기·취소 기준은 아님

경기 연기 · 취소 판단

1. WBGT 32℃ 근접 · 도달 · 초과 시
2. 단일 담당자의 독자 결정이 아님
3. 경기 운영진 · 의료진 협의 후 결정 (Match Management Team)

주요 협의 대상

- General Coordinator / Match Commissioner
- Referee
- FIFA Chief Medical Officer / Venue Medical Officer
- 기타 관련 경기 운영 관계자

WBGT 32℃를 cooling break의 객관적 기준으로 사용하되, 경기 연기·취소는 현장 관계자 협의를 통한 종합 판단으로 운영

FIFA Emergency Care Manual 15

02 종목별 기준 및 적용현황

국내 프로축구(K리그)의 폭염 대응: WBGT 기준 중심

하절기(6–8월) 경기 시작 60분 전 피치 위에서 WBGT를 측정하고, 측정값에 따라 드링크·쿨링 브레이크를 적용

① 현장 측정



- 경기 시작 60분 전
- 피치 위에서 WBGT 측정
- 하절기(6–8월) 적용

② 브레이크 기준 (K리그 대회요강 제38조)

WBGT 측정값에 따른 조치

28℃ 미만	28–30.9℃	31℃ 이상
브레이크 없음 정상 진행	드링크 브레이크 1분 내외	쿨링 브레이크 최대 3분

③ 기타 운영

경기중단 여부: 현장 판단
WBGT 절대 중단기준 없음 — 경기감독관이 현장 상황·관계자 의견을 종합하여 재량으로 결정

경기 시작시간 연기 가능
예: 폭염 시 직오프 19:30 → 20:00 조정

브레이크 → WBGT 수치 기준
중단·연기 → 현장 판단(재량)

WBGT 측정값을 기준으로 브레이크를 시행하고, 경기 중단·연기는 현장 판단으로 운영

K리그 대회요강 제38조제16호; MBC 뉴스(2026) — 폭염에 따른 K리그 직오프 시간 조정 보도 16

02 종목별 기준 및 적용현황

야구: WBGT 기준 적용 현황 — MLB와 NPB

MLB는 정량 기준 없음 / NPB는 WBGT 28℃부터 예방조치 강화 (WBGT를 경기 중단의 절대 기준으로 쓰지는 않음)

MLB (미국 프로야구)

- WBGT 규정 없음
- 폭염 관련 자동 휴식·중단 기준 없음
- 폭염도 일반적 기상조건(weather condition)의 하나로 간주해 현장 판단
- 경기 전: 홈팀
- 경기 시작 후: 주심(Umpire-in-Chief)이 판단

NPB (일본 프로야구)

- 경기 전 그라운드에서 WBGT 측정
- WBGT ≥ 28℃: 예방조치 개시
- 수분섭취 · 그늘 휴식 · 쿨링버스트 · 미스트팬 활용
- 28℃는 경기 중단 기준 아님 → 주최 구단이 현장 상황을 종합 판단

객관적 중단 기준보다 예방 · 현장 판단 중심

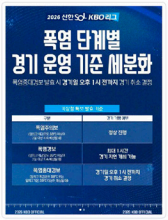
야구는 종목 특성 고려 WBGT를 '경기 중단 기준'보다 '예방조치 개시 기준'으로 활용

2026 Official Baseball Rules (MLB); NPB 일종룰(野球規則) 개정 가이드라인 (2024.7.2) 17

02 종목별 기준 및 적용원칙

국내 프로야구(KBO)의 폭염 대응: 기상청 폭염특보 단계 중심

2026년 폭염 심화에 따라 경기 운영 기준을 세분화 — 특보 단계별로 정상 진행 · 지연 · 취소를 구분



기상청 특보 단계	특보 발표 기준	경기 진행 여부
폭염주의보	일최고 **체감온도 33℃**(≒WBGT 30℃) 이상인 상태가 2일 이상 지속될 것으로 예상될 때	정상 진행
폭염경보	일최고 **체감온도 35℃**(≒WBGT 32℃) 이상인 상태가 2일 이상 지속될 것으로 예상될 때	상황에 따라 최대 1시간 경기지연 개최 가능
폭염중대경보	일최고 **체감온도 38℃**(≒WBGT 35℃) 또는 일최고기온 39℃ 이상이 예상될 때	경기일 오후 1시 전 까지 경기 취소 결정

특보 발효 ≠ 자동 중단·취소
일정 온도 기준을 넘는 순간 자동으로 경기가 중단·취소되는 것이 아니라, 현장 기상상황, 선수와 관중의 안전, 경기장 여건 등을 종합적으로 고려해 전행지연 여부를 결정할 수 있도록 재량을 둠

WBGT 직접 측정 대신 기상청 체감온도·폭염특보를 중심으로 지연·취소 기준을 운영하면서 현장 판단의 여지를 둠

KBO 공식 발표 — 2026 산모 SOL KBO 리그 폭염 단계별 경기 운영 기준

18

02 종목별 기준 및 적용원칙

골프: IGF의 WBGT 대응 권고기준

WBGT를 핵심 열스트레스 평가 지표로 활용 — 위험수준 5단계와 측정 주기를 제시

WBGT 구간	위험 수준	권고 조치
< 28℃	낮은 위험	일반 모니터링
28 – 29.9℃	주의	수분섭취 · 그늘 휴식 강화
30 – 31.9℃	높은 위험	의무적 휴식 + 적극적 냉각조치
32 – 35℃	매우 높은 위험	Medical Officer와 협의하여 경기중단 적극 검토
> 35℃	극심한 위험	경기중단 권고

측정 및 모니터링
- 경기 중 WBGT **최소 30분마다** 측정
- WBGT 30℃ 초과 시 **15분마다** 재측정

운영 원칙
- IGF 지침은 의무규정이 아닌 **권고지침**
- 최종 경기중단 여부는 **Tournament Director와 대회조직위원회**가 현장 상황과 의료진 의견을 종합해 판단
- 현장 의료진과의 **협의 중요**

WBGT를 경기중단의 절대기준이라기보다 단계별 휴식·냉각·중단 검토를 위한 권고기준으로 활용

IGF Extreme Heat Guidelines (2026)

19

02 종목별 기준 및 적용원칙

골프: 실제 투어 현장의 WBGT 적용 현황

IGF는 단계별 기준을 제시하지만, PGA TOUR · JLPGA는 예방조치와 현장 판단 중심으로 운영

PGA TOUR
- 공개 규정상 특정 WBGT 임계값은 확연되지 않음
- 폭염을 포함한 위험기상 대응 기상정책과 의료·안전 체계 운영
- 폭염 시 대회별 기상팀 · 의료팀 · 경기위원회 판단 중심

대회별 현장 판단 중심

JLPGA
- WBGT를 열중증 예방을 위한 환경지표로 활용
- 폭장규정 완화 · 수분섭취 · 휴식 · 양산 등 예방조치 강화
- 쿨스팟 · 얼음 제공 등 권고
- 특정 WBGT 수치의 자동 경기중단 기준은 제시되지 않음

WBGT = 예방조치 강화의 지표

국내 골프
- 공개적으로 확인되는 별도의 WBGT 경기운영 기준은 제한적
- 종목 현장에 맞는 적용 기준 정리 필요

현장 적용 기준 정리 필요

WBGT를 '자동 중단 기준'보다 예방조치 강화와 현장 판단을 지원하는 지표로 활용하는 경향

PGA TOUR Weather Policy 공개자료 정도; 일본 LPGA 일중중증 예방 자료

20

03 일반 운동·안전기준

ACSM: WBGT 기준은 '상황별'로 적용한다

같은 WBGT라도 지역(미국) 기후, 개인 상태, 운동 형태에 따라 위험수준과 권고조치가 달라짐

같은 WBGT라도 위험수준과 권고조치를 다르게 적용

① 지역 기후

지역이 더 더울수록 동일 위험수준의 WBGT 기준이 높아짐

Category 1 서늘한 지역	Category 2 중간	Category 3 고온 지역

낮은 WBGT 기준 → 높은 WBGT 기준

냉스 대응 지역별수록 더위 적응 정도를 고려해 같은 위험수준의 WBGT 기준을 조금 더 높게 설정

② 개인 상태

같은 환경에서도 취약군은 더 보수적으로 적용

- 비순응 · 지체력 · 고 위험군 → 더 보수적으로 적용
- 열순응 · 고체력 · 저위험군 → 상대적으로 활동 지속 가능

③ 운동 형태

지속적 운동은 더 빠르게 취소·중단 수준에 도달

- 지속적 운동 · 경기: 열 축적이 커서 더 낮은 WBGT에서도 취소·중단 수준에 도달
- 훈련 · 간헐적 운동: 휴식시간을 늘리면서 비교적 높은 WBGT에서도 조절 가능

ACSM은 WBGT 단일값만 보지 않고, 지역 · 개인 · 운동형태를 함께 고려해 조치수준을 결정

ACSM Expert Consensus Statement on Exertional Heat Illness: Recognition, Management, and Return to Activity (Curr Sports Med Rep. 2023)

21

03 일반 운동·안전기준

ACSM WBGT 기준: 지역·선수상태·운동형태별 차등 적용

같은 WBGT라도 지역 기후, 열순응·체력·개인위험도, 운동형태에 따라 위험수준과 권고조치가 달라짐

지역 기후별 WBGT 위험구간

위험수준	Category 1 서늘한 지역	Category 2	Category 3 고온 지역
위험 증가	19.0–22.3	21.0–24.3	22.3–25.6
높은 위험	22.4–24.5	24.4–26.5	25.7–27.8
매우 높은 위험	24.6–28.9	26.6–30.9	27.9–32.2
극심한 위험	≥ 29.0	≥ 31.0	≥ 32.3

평소 더운 지역일수록 동일 위험수준의 WBGT 기준이 더 높음
Category: 지역의 여름철 더위수준에 따른 구분

지속적 운동 · 경기 고도로 훈련 · 숙련이 열순응된 선수 (Category 3 기준 예시)

WBGT (℃)	위험수준	권고조치
22.3 – 25.6	위험 증가	경기 가능, 상태 모니터링
25.7 – 27.8	높은 위험	고위험 선수 주의, 수분 · 휴식 강화
≥ 27.9	매우 높은 위험	운동 또는 경기 취소

훈련 · 간헐적 운동 개인 상태에 따라 기준을 다시 구분

A. 비순응 · 지체력 · 고위험군		B. 열순응 · 고체력 · 저위험군	
18.4 – 22.2	위험 증가	22.3 – 25.6	정상 집행 가능, 수분 모니터링
22.3 – 25.6	중등도 위험	25.7 – 27.8	휴식 증가(최소 4분 × 3회/시간)
25.7 – 27.8	중등도 높은 위험(휴식 · 강도조절)	27.9 – 30.0	운동 < 2시간, 휴식 증가 (최소 4분 × 4회/시간)
27.9 – 30.0	대우 높은 위험(rest:work 1:1 고려)	30.1 – 32.2	운동 ≤ 1시간, 5 20분 휴식
30.1 – 32.2	취소 또는 중단(권고)	≥ 32.3	운동 취소
≥ 32.3	운동 취소		

지역 기후 + 열순응 상태 + 운동형태를 함께 고려해 조치수준을 결정

ACSM Expert Consensus Statement on Exertional Heat Illness: Recognition, Management, and Return to Activity (Curr Sports Med Rep. 2023)

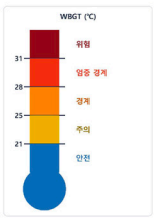
22

03 일반 운동·안전기준

일본스포츠협회(JSPO): WBGT 5단계 운동지침

WBGT 21 · 25 · 28 · 31℃를 경계값으로 스포츠 활동을 5단계로 구분

단계	WBGT (℃)	위험 수준	운동 지침 (주요 내용)
1	< 21	안전	정상적인 운동이 가능함 필요 시 수분 · 염분 보충
2	21 – 24.9	주의	열질환 징후를 관찰함 적극적으로 수분 · 염분을 보충함
3	25 – 27.9	경계	적극적으로 휴식을 취함 격한 운동 시 약 30분마다 휴식함
4	28 – 30.9	엄중 경계	격한 지속적인 운동은 피함 10–20분마다 휴식을 취함
5	≥ 31	위험	특별한 경우를 제외하고 운동을 원칙적으로 중단함 아이이는 운동을 중단함



WBGT가 올라갈수록 수분보충 → 휴식 강화 → 운동 제한 → 운동 중단으로 조치수준을 단계적으로 높임

일본스포츠협회(JSPO) 열중증 예방 운동지침 (heatstroke guideline)

23

03 일반 운동·안전기준

국내 체육행사 폭염대응: 기상청 체감온도 중심 운영

스포츠안전재단 체육행사 폭염대응 매뉴얼은 WBGT 직접 측정이 아닌 기상청 체감온도·폭염특보 기준을 준용

현재 국내 기준의 특징

기상청 체감온도 활용
기상청이 제공하는 여름철 체감온도 정보를 기준으로 행사 운영 여부를 판단

체감온도 = 온도 + 상대습도로 열부담(WBGT) 추정
기온과 상대습도를 종합하여 체감온도(추정WBGT+)를 산출하고, 이를 대응으로 열부담을 추정

행안부 · 기상청 폭염특보 / 영향예보 준용
행정안전부와 기상청이 발표하는 폭염특보 및 영향예보를 기준으로 대응체계를 운영

체육행사 폭염 대응 단계 (체감온도 기준)

단계	체감온도 기준	대응 방안
1단계 주의	체감온도 33℃	행사 시행 여부 검토 · 대비 강화 행사 개최 여부를 신중히 검토하고 그늘막 · 음식 공간 · 수분 섭취 등 폭염 대비 조치 강화
2단계 경고	체감온도 35℃	경기 중지 · 연기 · 취소 적극 검토 선수 · 참가자의 건강상 위험한 그래서에 경기 중지, 연기, 취소를 적극 검토
3단계 위험	체감온도 38℃ 이상	경기 취소 적극 권장 선수 · 참가자의 건강과 안전을 위해 경기 취소를 적극 권장

행정 · 기상청 기준에 기반한 의사결정 체계

04 국내 제도·현장여건

한국 스포츠 현장: 폭염 사고와 책임의 현실

선수뿐 아니라 동호인 · 관중 · 학생 모두 폭염 위험에 노출 — 사고 예방은 운영자의 안전관리 책임

2016. 7	2016. 8	2024. 8	2024. 9	2025. 5	2025. 10
초등학생 여외 체력훈련	여외 수영대회 참가자	하남 마라톤	프로야구 관중	K리그 관중	거제 전국마라톤
열사병 사망 코치 업무상 과실 치사 인정	열사병 사망 대회주관자 70% 배상책임	참가자 29명 쓰러짐 집단 실신	온열질환자 43명 발생 11세 어린이 병원 이송	13세 어린이 열사병 증세 경기 일시 중단	하프코스 참가자 사망 보도

폭염특보 · 고온환경 → 체육활동 지속 → 온열질환 발생 → 운영자 책임 · 법적 분쟁 가능성

폭염 대응기준은 단순 권고가 아니라 선수 · 관중 보호와 법적 책임을 좌우하는 안전관리 기준

04 국내 제도·현장여건

폭염 대응은 법적 안전관리 의무

2025년 산업안전보건기준에 관한 규칙 개정 — 기상청 체감온도 기준의 사업주 건강보호조치 의무와 중대재해 리스크

산업안전보건법 · 산업안전보건기준에 관한 규칙 (2025 개정)

체감온도 31℃ 이상	폭염작업: 폭염 노출 저감 조치 · 주기적 휴식
체감온도 33℃ 이상	2시간 이내마다 20분 이상 휴식 의무 (← 1시간당 10분 수준)

온도 · 습도 측정 · 기록, 냉방 · 통풍, 작업시간 조정 등 보호조치

폭염에 노출되는 근로자에 대한 사업주의 건강보호조치가 보다 명확한 의무로 규정됨

중대재해처벌법 리스크

폭염 위험 인지 → 건강보호조치 미흡 → 사망사고 → 경영책임자 책임 가능성

프로선수가 근로자 또는 종사자로 인정되는 경우, 구단이 폭염 위험을 알고도 필요한 조치를 하지 않아 중대한 사고가 발생하면 산업안전보건법은 이나라 중대재해처벌법상 책임자시 문제될 가능성

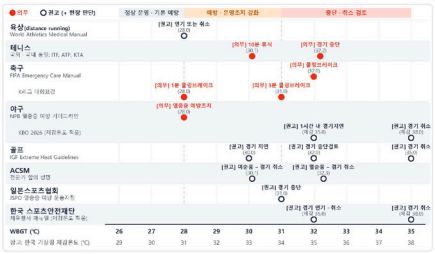
스포츠 현장 적용 시
프로선수의 근로자성 · 구단의 의무위반 · 사고와의 인과관계 고려

과학적으로는 WBGT가 유용하지만 국내 법 · 행정체계는 체감온도와 직접 연결 → WBGT와 체감온도를 함께 고려할 필요

05 국내·외 기준 종합비교

WBGT 기준 종합 비교

종목별 기준과 일반 운동 지침의 임계 값 — 대체로 28℃ 전후 조치 강화, 31~32℃ 중단 · 취소 검토



도표로 본 공통점과 차이

공통 위험구간 존재
대체로 WBGT 28℃ 전후부터 예방 · 운영조치 강화, 31~32℃ 전후부터 중단 · 취소 검토

종목 특성에 따른 차이
지속적 · 고강도 종목은 더 낮은 WBGT에서 보수적으로 적용

기준의 강제성 차이
일부 종목은 의무기준, 참부는 권고 + 현장 판단

운영방식 차이
측정 시점 · 의사한 간격 · 휴식 · 냉각 · 중단 방식의 종목별로 다름

06 전문가 합의안 제안

전문가 합의안 도출을 위한 핵심 판단

앞서 검토한 국내 · 외 기준과 국내 제도적 여건을 종합하여, 다음 세 가지 고려

① 기준 종목별 국제기준은 우선 유지 · 활용

검증 · 운영 중인 기준 우선

- 미미 국내에서 국제기준을 기반으로 운영 중인 종목은 현행 기준을 우선 적용
- 특히 **축구와 테니스**는 기준 WBGT 기준 유지가 객일될 것으로 판단됨
- 새로운 임계값을 임의로 설정하기보다 검증 · 운영 중인 기준을 우선 활용

축구 · 테니스 = 기존 WBGT 기준 유지

② WBGT + 단계별 현장 조치 구체화

입계값 + 단계별 조치

- 각 단계에서 필요한 행동 함께 제시
- 종목 특성 · 운동 지속시간 · 참가자 위험도 고려

단계별 조치 흐름

1. 모니터링
2. 수분 · 휴식
3. 냉각
4. 경기운영 조정
5. 중단 · 연기 · 취소(WBGT에 따른)

③ 국내 여건 고려, 체감온도 병행 활용

WBGT 기본 + 체감온도 보조

- WBGT를 기본 스포츠 열스트레스 지표로 활용하되, 국내 법 · 행정체계와 **체감온도 함께 고려**
- WBGT 측정이 어려운 현장에서는 기온 · 습도 기반 체감온도를 보조지표로 활용 가능
- 측정장비가 없는 경우 기상청 지역 체감온도를 참고하여 최소한의 안전조치로 활용
- 국내 관련 법규가 체감온도 기준을 명시하고 있다는 점 고려

WBGT 측정이 어려우면 → 기상청 체감온도를 최소 안전조치로

WBGT를 기본 지표로 하되, 체감온도를 국내 현장 적용을 위한 보조적 안전지표로 함께 활용하는 구조를 제안

28

06 전문가 합의안 제안

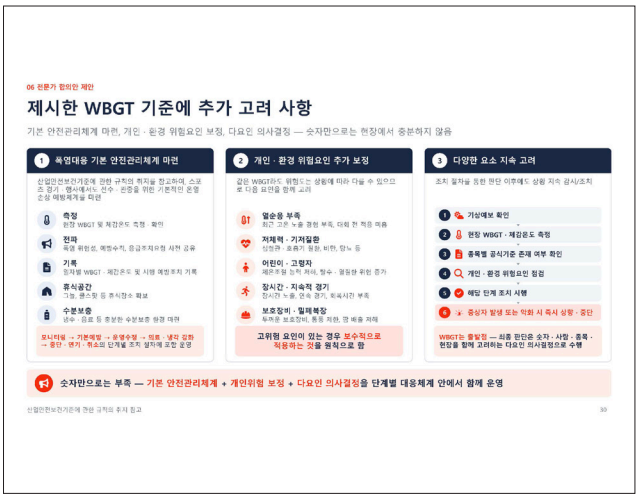
WBGT 기준 제안

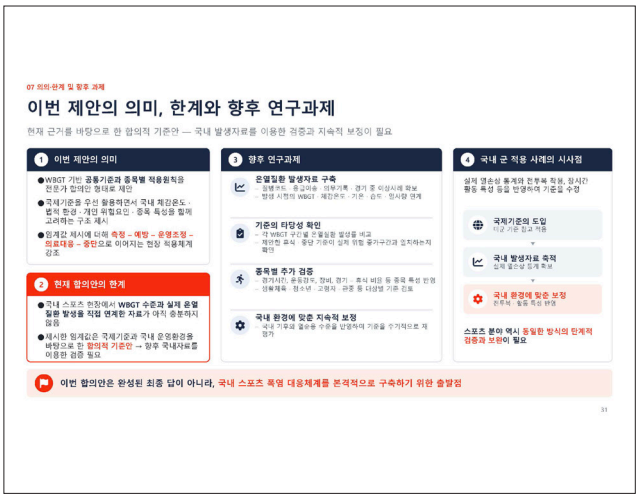
기존 종목별 공식기준은 우선 적용, 별도 기준이 없는 종목에는 공통기준(제안)을 최소 안전기준으로 적용



1. 기존 종목별 공식기준 → 우선 적용
2. 별도 기준이 없는 종목 → WBGT 공통 일반기준 적용
3. WBGT 상승 → 예방 · 휴식 · 냉각 · 운영조정 · 중단으로 단계적 강화
4. 고위험군 · 지속경기 → 보수적으로 적용
5. WBGT + 체감온도 병행 → 더 높은 대응단계 적용

29


06 전문가 합의안 제안
제시한 WBGT 기준에 추가 고려 사항
기본 안전관리체계 마련, 개인 · 환경 위험요인 보정, 다요인 의사결정 — 숫자만으로는 현장에서 충분하지 않음
1 폭염대응 기본 안전관리체계 마련
산업안전보건기준에 관한 규칙의 취지를 참고하여, 스포츠 경기 · 행사에서는 지수 · 온열을 위한 기본적인 온열 손상 예방체계를 마련
측정
환경 WBGT 및 체감온도 측정 · 확인
전파
폭염 위험성, 예방수칙, 응급조치요령 사전 공유
기록
참가별 WBGT · 체감온도 및 시행 예방조치 기록
휴식공간
그늘, 쿨스팟 등 휴식장소 확보
수분보충
냉수 · 음료 등 충분한 수분보충 환경 마련
모니터링 → 기본예방 → 응병순량 → 의료 · 냉각 강화 → 중단 · 연기 · 취소의 단계별 조치 절차에 포함 운영
2 개인 · 환경 위험요인 추가 보정
같은 WBGT라도 위험도는 상황에 따라 다를 수 있으므로 다음 요인을 함께 고려
열순응 부족
최근 고온 노출 경험 부족, 더위 전 적응 미흡
저체력 · 기저질환
심혈관 · 호흡기 질환, 비만, 당뇨 등
어린이 · 고령자
체온조절 능력 저하, 탈수 · 열질환 위험 증가
장시간 · 지속적 경기
장시간 노출, 연속 경기, 휴식시간 부족
보호장비 · 밀폐복장
투과성 보호장비, 통풍 제한, 땀 배출 저해
고위험 요인이 있는 경우 보수적으로 적용하는 것을 원칙으로 함
3 다양한 요소 지속 고려
조치 절차를 정한 현안 이후에도 상황 지속 감시/조치
가상예보 확인
현장 WBGT · 체감온도 측정
종목별 공식기준 존재 여부 확인
개인 · 환경 위험요인 점검
해당 단계 조치 시행
중상자 발생 또는 악화 시 즉시 상황 · 중단
WBGT는 출발점 — 최종 판단은 숫자 · 사람 · 종목 · 현장을 함께 고려하는 다요인 의사결정으로 수행
숫자만으로는 부족 — 기본 안전관리체계 + 개인위험 보정 + 다요인 의사결정을 단계별 대응체계 안에서 함께 운영
산업안전보건기준에 관한 규칙의 주요 참고
30


07 의의·한계 및 향후 과제
이번 제안의 의미, 한계와 향후 연구과제
현재 근거를 바탕으로 한 합의적 기준안 — 국내 발생자료를 이용한 검증과 지속적 보정이 필요
1 이번 제안의 의미
WBGT 기반 공통기준과 종목별 적용원칙을 전문가 합의안 형태로 제안
국제기준을 우선 활용하면서 국내 체감온도 · 법적 한계 · 개인 위험요인 · 종목 특성을 함께 고려하는 구조 제시
임계값 제시에 더해 측정 → 예방 → 온열조정 → 의료대응 → 중단으로 이어지는 현장 적용체계 강조
2 현재 합의안의 한계
국내 스포츠 현장에서 WBGT 수준과 실제 온열질환 발생률 직접 연계한 자료가 아직 충분하지 않음
제시한 임계값은 국제기준과 국내 운동환경을 바탕으로 한 합의적 기준안 → 향후 국내자료를 이용한 검증 필요
3 향후 연구과제
온열질환 발생자료 구축
질병코드 · 응급이송 · 의무기록 · 경기 중 이상시제 확보
발생 시점의 WBGT · 체감온도 · 기온 · 습도 · 일사량 연계
기준의 타당성 확인
각 WBGT 구간별 온열질환 발생률 비교
제안한 휴식 · 중단 기준이 실제 위험 중가구간과 일치하는지 확인
종목별 추가 검증
경기시간, 운동강도, 장비, 경기 · 휴식 비율 등 종목 특성 반영
상황제외 · 참소분 · 고령자 · 관중 등 대상별 기준 검토
국내 환경에 맞춘 지속적 보정
국내 기후와 활동을 수집을 반영하여 기준을 주기적으로 재검가
4 국내 군 적용 사례의 시사점
실제 열손상 통계와 전투복 착용, 장시간 활동 특성 등을 반영하여 기준을 수정
국제기준의 도입
미군 기준 참조 적용
국내 발생자료 축적
실제 열손상 통계 축적
국내 환경에 맞춘 보정
전투복 · 활동 특성 반영
스포츠 분야 역시 동일한 방식의 단계적 검증과 보완이 필요
이번 합의안은 완성된 최종 답이 아니라, 국내 스포츠 폭염 대응체계를 본격적으로 구축하기 위한 출발점
31

The 69th Autumn Conference of Korean Society of Sports Medicine

사단법인 대한스포츠의학회

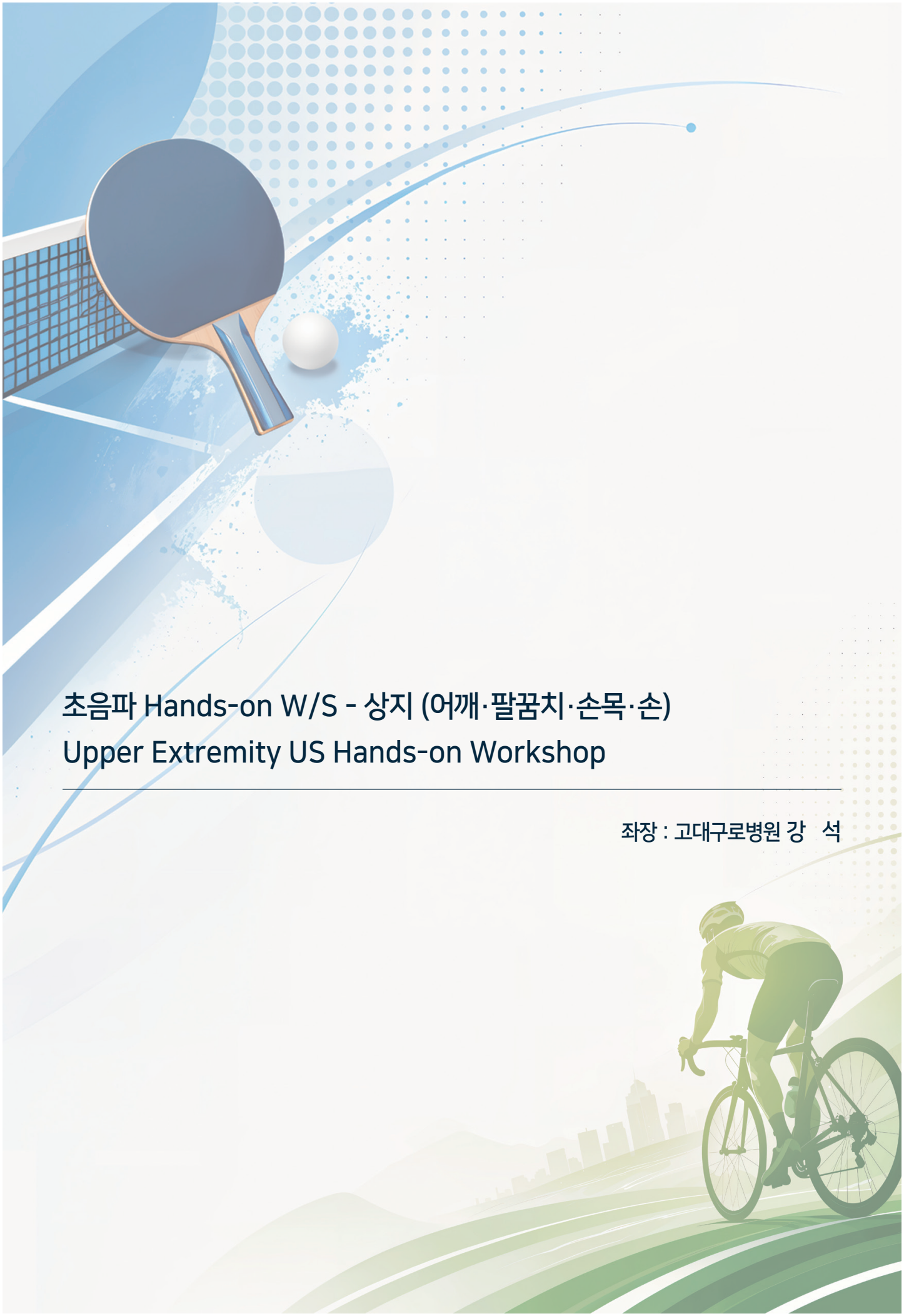
제69차 추계학술대회



10월 31일(토요일)

Room C





초음파 Hands-on W/S - 상지 (어깨·팔꿈치·손목·손)
Upper Extremity US Hands-on Workshop

좌장 : 고대구로병원 강 석

김재민

학력

가톨릭대학교 의학과 학사

가톨릭대학교 의과대학원 재활의학과 석사

가톨릭대학교 의과대학원 재활의학과 박사

주요 경력

K리그 유소년클럽 주치의

대한스포츠과학운동의학회 홍보이사

대한재활의학회 총무위원장

대한미세침습통증연구회 회장

대한임상통증학회 감사

현재 소속 및 직위

가톨릭대학교 인천성모병원 재활의학과 교수

도종걸

학력

성균관대학교 의과대학 의학과 학사 (2008)

성균관대학교 일반대학원 의학과 석사 (2012)

성균관대학교 일반대학원 의학과 박사 (2021)

주요 경력

대한임상통증학회 정보위원장

근골격 염증질환 재활연구회 총무위원장

대한재활의학회 연구기획위원회 간사 / 대한중환자재활학회 교육위원장

미국 존스홉킨스대학 재활의학과(PM&R) Postdoctoral Fellow (2023–2024)

현재 소속 및 직위

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 재활의학과 부교수

대표논문

1. Do JG, Hwang JT, Yoon KJ, Lee YT. Correlation of ultrasound findings with clinical stages and impairment in adhesive capsulitis of the shoulder. Orthop J Sports Med. 2021;9(5):23259671211003675.
2. Im YJ, Choi J, Choi SA, Kwon JY, Do JG. Feasibility and preliminary effectiveness of a mobile app-based personalized exercise program in older patients with chronic knee osteoarthritis: pilot randomized controlled trial. JMIR Mhealth Uhealth. 2025;13:e71073.
3. Do JG, Kim DH, Sung DH. Excessive walking exercise precipitates diabetic neuropathic foot pain: hind paw suspension treadmill exercise experiment in a rat model. Sci Rep. 2020;10(1):10498.

민경훈

학력

연세대학교 의학과

차의과학대학교 일반대학원 의학과 석사

차의과학대학교 일반대학원 의학과 박사

주요 경력

대한스포츠과학운동의학회 학술이사

대한노인재활의학회 교육위원장

현재 소속 및 직위

차 의과학대학교 의학전문대학원

분당차병원 재활의학과 교수

이병찬

학력

성균관대학교 의과대학 의학사

성균관대학교 일반대학원 의학과 의학석사

성균관대학교 일반대학원 의학과 의학박사

주요 경력

대한 신경근골격초음파 학회 QC 위원회 간사

대한 재활의학회 임상진료지침 위원회 간사

대한 근전도, 전기진단의학회 감사

대한 노인재활의학회 총무 간사

대한의학회 임상진료지침 평가 위원 (2024-2026)

현재 소속 및 직위

중앙대학교 의과대학 재활의학과 조교수

스포츠 손상 진료를 위한 상지 초음파 실전 스캔: 어깨에서 손까지

인천성모병원

김재민

프로그램 개요

30명을 15명씩 A·B 두 반으로 나눠 어깨와 팔꿈치·손목·손을 동시에 진행하고, 55분 뒤 서로 바꿉니다.

30 명	4 명	2 개 반	4 대
참가자	강사 (조당 1명)	15명씩, 55분 뒤 교대	초음파 (조당 1대)

1,2조 3,4조 1시간후 교대

8명 · 7명 × 2조, 강사 2명

조마다 강사 1명이 55분

2

조 편성과 강사 (안)

각 반 15명은 8명·7명 2개 조로 나눠서 시행합니다.

조	부위	인원	강사	소속
1조	어깨	8명	**도종걸**	성균관대 삼성서울병원
2조	어깨	7명	**민경훈**	차의과학대 분당차병원
3조	팔꿈치·손목·손	8명	**김재민**	가톨릭대 인천성모병원
4조	팔꿈치·손목·손	7명	**이병찬**	중앙대병원

3

시간표

블록 1은 A반 어깨 · B반 팔꿈치·손목·손, 블록 2는 서로 바꿉니다.

시간	어깨 (1,2조, 8·7명)	팔꿈치·손목·손 (3,4조, 8·7명)
10:30–10:35	전체 도입: 프로브 조작, 비등방성, 진행 안내	
10:35–11:30	1,2조	3,4조
11:30–11:35	반 교대, 조 재편성	
11:35–12:30	3,4조	1,2조

전체 정리 시간은 따로 두지 않고, 블록마다 마지막 5분에 조별 질의응답을 합니다.

4

블록 안 진행 (55분)

부위마다 강사가 5-10분 시연한 뒤 조원이 돌아가며 스캔하고, 다음 순서가 모델이 됩니다.



도입: 스캔 기본

모든 구조물은 장축·단축 두 방향으로 확인하고, 반대쪽과 비교합니다.

프로브 조작 PART

P	A	R	T
Pressure	Alignment	Rotation	Tilt
압박	정렬	회전	기울임

비등방성
힘줄이 밤과 수직이 아니면 저에코로 보여 파열로 오인합니다. Tilt로 해결합니다.

정상 에코
힘줄은 섬유상(fibrillar), 신경은 벌집모양(fascicular), 뼈 표면은 고에코선입니다.

동적 검사
아탈구, 충돌, 인대 불안정성은 움직이면서 봅니다.

6

1 어깨 1,2조

강사 1명이 55분 · 피검자 앉은 자세
도송결 · 민경훈

어깨 전방

이두근구의 LHBT에서 시작해 내측·근위로 이어갑니다.

구조물	자세·프로브	확인 포인트
상완이두근 장두건 (LHBT)	팔 중립, 손바닥 위. 이두근구에서 단축 → 장축	건조 내 액체(관절 질환 2차 소견), 파열(Popeye), 내측 아탈구
견갑하근건	팔꿈치 굽이고 외회전, 소결절에서 장축	관절면측 부분 파열, 피질골 불규칙성, 외회전 동적 검사
회전근개 간격	LHBT 단축에서 근위로 이동	오훼상완인대(CHL)·상관절상완인대(SGHL) 비후, 혈류 증가 → 유착성 관절낭염

실습 팁 LHBT 단축 영상을 기준점으로 삼으면 견갑하근 · 회전근개 간격 · 극상근으로 자연스럽게 이어집니다.

8

어깨 상방

회전근개 파열과 충돌을 확인하는 핵심 구간입니다.

구조물	자세·프로브	확인 포인트
극상근건	modified Crass(손바닥을 엉덩이 뒤 주머니에). 장축·단축	건병증(두께 증가), 부분층·전층 파열, 석회화, cartilage interference sign
견봉하-삼각근하 점액낭 (SASD)	극상근건 스캔과 동일, 젤 두껍게, 압박 없이	삼출액, 대결절 주변 이완액 고임
견봉하 충돌 (동적)	견봉 외측단에 장축, 팔 외전	점액낭·극상근건이 견봉 아래로 말려 들어가는지
견봉쇄골관절 (ACJ)	쇄골 원위단에서 관상면	관절강 확장(손상), 관절강 협소·골극(퇴행)

9

어깨 후방

관절강 내 주사 접근 자리를 함께 확인합니다.

구조물	자세·프로브	확인 포인트
극하근 · 소원근	손을 반대쪽 어깨에. 견갑극 아래 극하근 장축	극하근건 손상(대개 극상근건 손상에 동반)
후방 관절와상완관절	팔 중립, 극하근 근건이행부 장축	후방 관절와순, 관절액, 관절강 내 주사 접근 자리
견갑상신경 (선택)	극상근 외, 견갑극상 절흔	신경 주변 결절종, 신경차단 자리

실습 팁 후방 관절 주사는 외측에서 내측으로 in-plane 접근합니다. 시간이 남으면 시연합니다.

10

2 팔꿈치 · 손목 · 손 3,4조

조마다 강사 1명이 55분 · 팔을 테이블 위에 또는 누워서
김재민 · 이병찬

팔꿈치 외측 · 전방

테니스 엘보와 원위 이두근건 손상을 봅니다.

구조물	자세·프로브	확인 포인트
공통신전건 (CET)	팔꿈치 90도 굴곡, 엄지 위. 외상과에서 장축	외상과염: 두께 증가, 저에코, 부분 파열, 석회화, 혈류
요골측부인대 (RCL/LUCL), 요골두	CET 아래 깊은 층	인대 연속성, 요골두 주변 관절액
원위 이두근건, 상완근	팔꿈치 신전, 회외. 장축	요골조면 부착부 파열
정중신경, 요골신경	단축으로 추적	요골신경 분지

팔꿈치 내측 · 후방

투구 선수의 UCL과 척골신경 아탈구를 동적으로 확인합니다.

구조물	자세·프로브	확인 포인트
공통굴곡건 (CFT)	팔 외회전, 내상과에서 장축	내상과염: 두께 증가, 국소 저에코
척골측부인대 (UCL) 전방 다발	내상과에서 숭고석 결절까지 장축	투구 선수 손상. 외반 스트레스 시 관절간격 벌어짐(양측 비교)
삼두근건, 주두 점액낭	팔꿈치 90도 굴곡, 주두에서 장축	건병증, 점액낭염, 주두의 관절액
척골신경 (주관)	내상과–주두 사이 단축	신경 부종(CSA), 굴곡 시 아탈구(동적)

손목 수장측 · 손

손바닥을 위로, 수근관에서 손가락으로 내려갑니다.

구조물	자세·프로브	확인 포인트
수근관 정중신경	두상골 높이 단축	단면적(CSA), fascicular pattern 소실, 굴근지대 비후·bowing, 해부 변이
굴곡건 · FCR	수근관 단축에서 손가락 굴곡-신전	건조영, 수장측 결절홈
Guyon관 척골신경	두상골 외측 단축	척골동맥 옆 신경, 사이클리스트·라켓 스포즈 압박
굴곡건과 A1 활차	MCP 수장측 장축-단축	A1 활차 비후(방아쇠수지), 굴곡 시 건 움직임
엄지 MCP 척측측부인대	엄지 MCP 척측 장축	스키이 엄지, Stener lesion

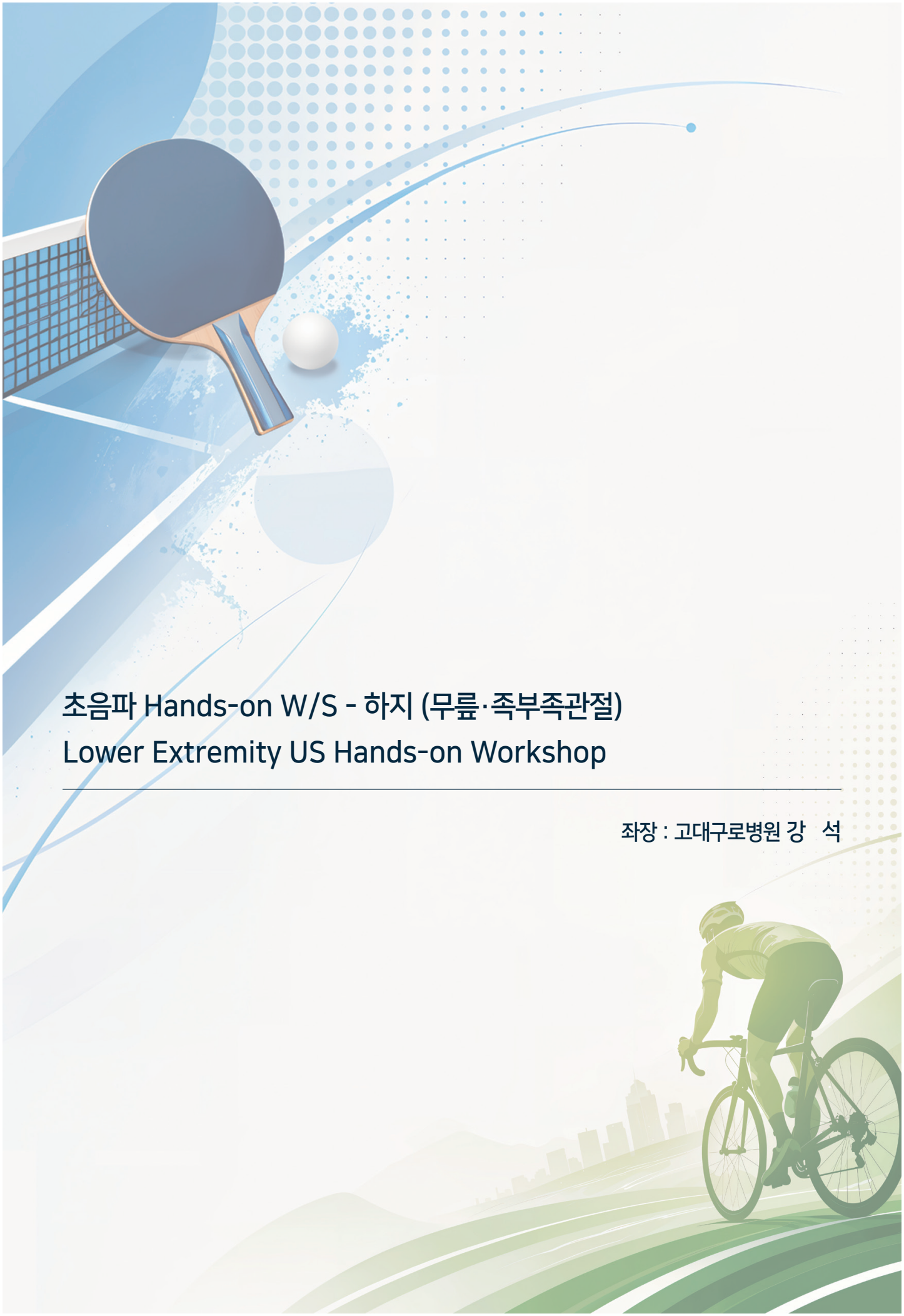
손목 배측 · 척측

Lister 결절을 기준점으로 신전건 구획을 찾습니다.

구조물	자세·프로브	확인 포인트
신전건 1–6구획	Lister 결절 기준 단축 스캔	각 구획 힘줄, 교차증후군(1·2구획 교차)
1구획 (APL, EPB)	요골 경상돌기 단축	de Quervain 건초염, 구획 내 격막 유무
주상월상인대 (SL)	Lister 결절 원위, 배측 단축	인대 연속성, 배측 결절종
6구획 ECU	척골두 단축, 회내 → 회외	건초염, 회외 시 아탈구(동적)
삼각섬유연골복합체 (TFCC)	척골 경상돌기 원위 관상면	섬유연골 연속성, 척측 관절액

스캔 체크리스트

- ☐ **어깨 전방** — LHBT, 견갑하근건, 회전근개 간격(CHL)
- ☐ **어깨 후방** — 극하근·소원근, 후방 관절, 견갑상신경
- ☐ **손목 수장측·손** — 정중신경 CSA, Guyon관, A1 활차, 엄지 UCL
- ☐ **어깨 상방** — 극상근건, SASD, 충돌 동적 검사, ACJ
- ☐ **팔꿈치** — 공통신전건, 원위 이두근건, 공통굴곡건·UCL, 척골신경
- ☐ **손목 배측·척측** — 신전건 1–6구획, SL 인대, ECU 동적 검사, TFCC



초음파 Hands-on W/S - 하지 (무릎·족부족관절)
Lower Extremity US Hands-on Workshop

좌장 : 고대구로병원 강 석

김동휘

학력

조선대학교 의학과 학사

조선대학교 대학원 의학과 석사

조선대학교 대학원 의학과 박사

주요 경력

대한정형외과 스포츠의학회 감사

대한슬관절학회 학술위원장

대한슬관절학회 평의원

대한정형외과학회 국문학회지편집위원회 위원

대한관절경학회 분과편집위원회 위원장

현재 소속 및 직위

조선대학교 의과대학, 교수

조선대학교병원 부원장

대표논문

1. Effect of Failed Debridement, Antibiotics, and Implant Retention on Subsequent Two-Stage Reimplantation for Periprosthetic Joint Infection Following Total Knee Arthroplasty: A Retrospective Cohort Study. Journal of Clinical Medicine. 15:4563, 2026.
2. Incidence and geographic mapping of meniscal tears in acute ACL injuries with meticulous posterior arthroscopic evaluation: longitudinal tears at the posterior menisco-capsular junction are the most common tear pattern in acute ACL injuries. Knee Surg Relat Res. 38: 2, 2026.
3. Surgical Delay Increases the Incidence of Ramp Lesions and Bucket-Handle Tears in Anterior Cruciate Ligament Injuries. Arthrosc Sports Med Rehabil. 7:101298, 2026.

송재황

학력

충남대학교 의학과 학사

충남대학교 정형학과 석사, 박사

주요 경력

2024 IOC diploma foot and ankle US instructor

2026 IOC diploma foot and ankle US instructor

2025 대한스포츠의학회 추계학회 강의 연자

2026 APKASS foot and ankle US 시연

현재 소속 및 직위

건양대 정형외과 부교수

대표논문

Jae SY, Franklin BA, Choi YH, Fernhall B. Metabolically healthy obesity and carotid intima-media thickness: effects of cardiorespiratory fitness. Mayo Clinic Proceedings. 2015 in press.

이기수

학력

충남대학교 의학과 학사

충남대학교 의과대학원 의학과 석사

충남대학교 의과대학원 의학과 박사

주요 경력

2018 ~ Present, Team Doctor Daejeon HANA citizen club

2018. 02. Field Doctor 2018 Pyeongchang Winter Olympic

현재 소속 및 직위

세종충남대학교병원 정형외과 부교수

대표논문

1. Lee G, Tan EW. Exploring the Potential of AI-Assisted Technology in Joint Range-of-Motion Measurements: A Reliability Study. Medicina (Kaunas). 2025 Jan;61(1):119.
2. Cho BK, Kang DH, Kang C, Lee GS, Song JH. Current Concepts of Radiographic Evaluation and Surgical Treatment for Hallux Valgus Deformity. Clinical Medicine. 2025
3. Kang C, Song JH, Won Y, Tan EW, Lee GS. Multiple Aneurysms with Thrombosis on the Small Saphenous Vein: A Case Report. Journal of the Korean Orthopaedic Association. 2024 Mar.
4. Lee GS. A Comparative Analysis of Pain Control Methods after Ankle Fracture Surgery with a Peripheral Nerve Block: A Single-Center Randomized Controlled Prospective Study. Medicina. 2023

하지 초음파 실습

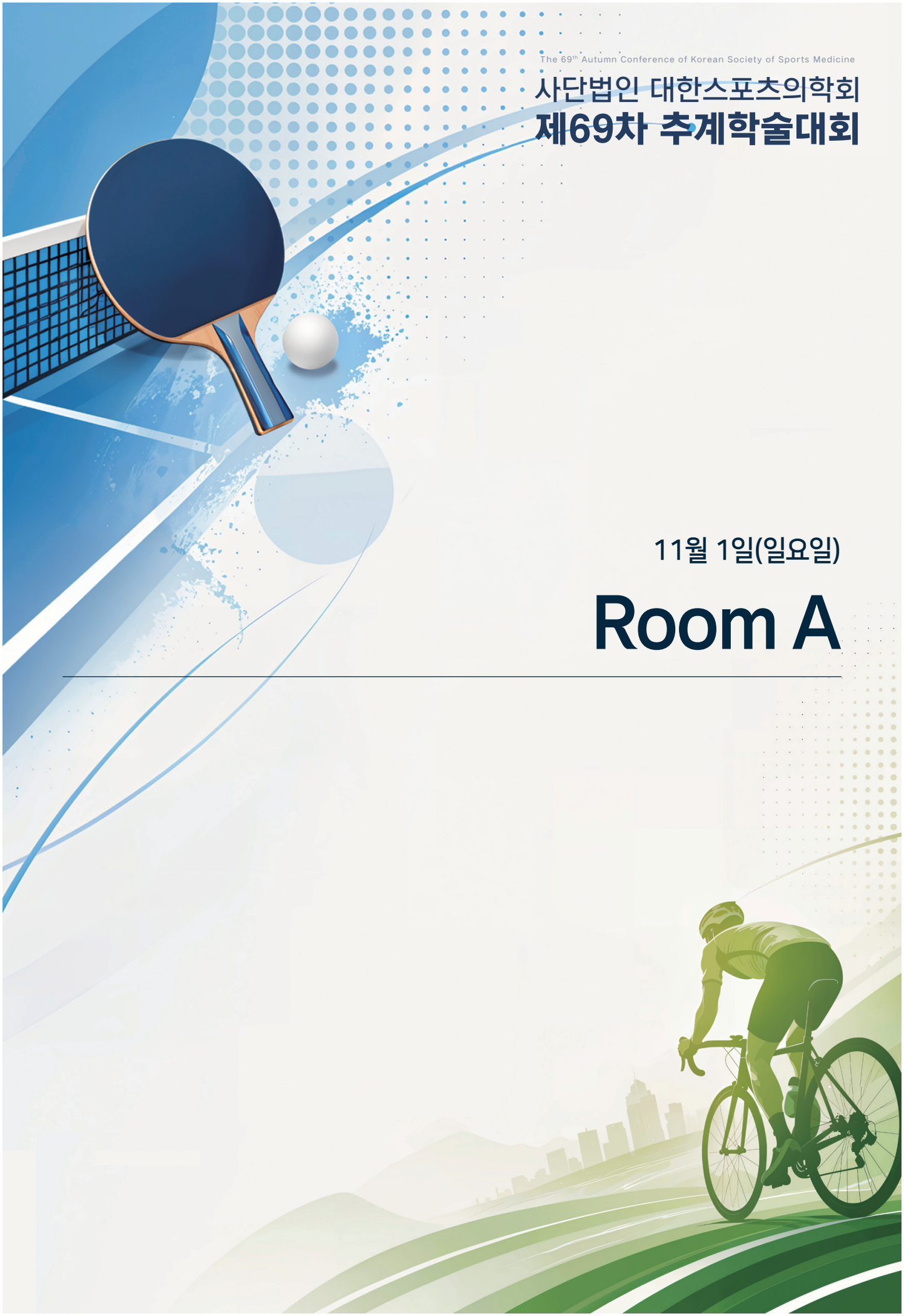
The 69th Autumn Conference of Korean Society of Sports Medicine

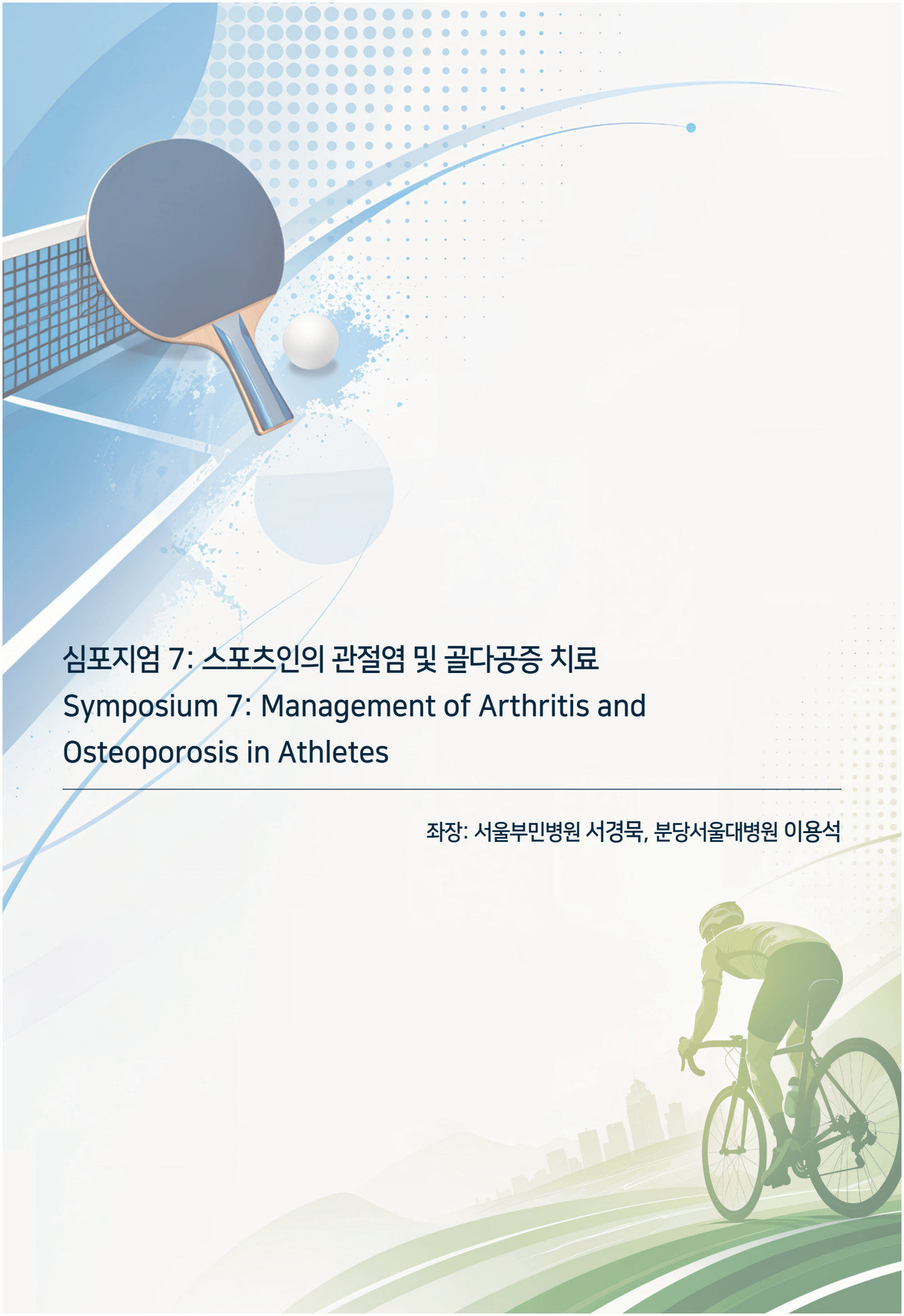
사단법인 대한스포츠의학회

제69차 추계학술대회

11월 1일(일요일)

Room A





심포지엄 7: 스포츠인의 관절염 및 골다공증 치료

Symposium 7: Management of Arthritis and Osteoporosis in Athletes

좌장: 서울부민병원 서경묵, 분당서울대병원 이용석

박용범

학력

중앙대학교 의학과 학사

중앙대학교 일반대학원 의학과 석사

성균관대학교 일반대학원 의학과 박사(정형외과학)

주요 경력

Editorial Board Member, Arthroscopy, The Journal of Arthroscopic and Related Surgery, AANA

Editorial Board Member, Arthroscopy, Asia Pacific Journal of Sports Medicine Arthroscopy Rehabilitation and Technology (AP-SMART)

대한정형외과스포츠의학회, 학술위원

대한정형외과학회, 대한관절경학회, 학술위원

대한슬관절학회, 편집위원

현재 소속 및 직위

중앙대학교 의과대학, 교수

중앙대학교광명병원, 정형외과, 과장 및 관절센터장

스포츠인의 관절염 치료

중앙대광명병원

박용범

"박지성 왜 30살에 국대 은퇴해?" 비판 적지 않았는데...14년 뒤 진실 드러났다, 무릎 보니 '고개 끄덕'



(엑스포츠뉴스 권동환 기자) 국가대표팀을 일찍 은퇴한 대한민국 축구 레전드 박지성의 무릎 상태가 여전히 좋지 않은 것으로 드러났다.

박지성은 2011 카타르에서 열린 아시아축구연맹(AFC) 아시안컵에서 A매치 100경기를 채우고 국가대표팀과 작별했다. 당시 30살에 불과했던 박지성의 대표팀 은퇴를 비판하는 시각도 일부 있었지만 14년이 지난 지금, 박지성이 대표팀 은퇴할 수밖에 없었던 이유가 드러나면서 팬들도 공감하는 중이다.

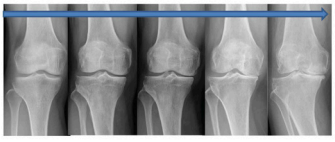
박지성은 지난달 14일 서울월드컵경기장에서 열린 '2025 아이콘매치: 창의 귀환, 반격의 시작'에서 FC 스피어 소속으로 선발로 나와 56분을 소화했다.

지난해 코치로 아이콘매치에 참가했던 박지성은 당시 후반 40분에 교체로 들어가 짧은 시간을 뛰었다.

1년이 지나 박지성은 다시 한국에서 열린 아이콘매치에서 선발로 출전했다. 팬들 앞에서 선발로 뛰기 위해 그는 약 1년 동안 재활에 집중했다.

Knee Osteoarthritis in General Population

- 'whole joint' disease
  - ✓ Pathologic change in all tissue
    - Cartilage, bone, synovium, ligament, meniscus
  - ✓ Cartilage degradation, synovial inflammation
    - osteophyte formation, subchondral bone change



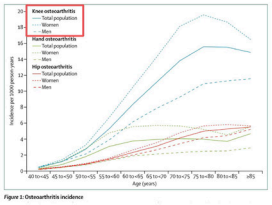
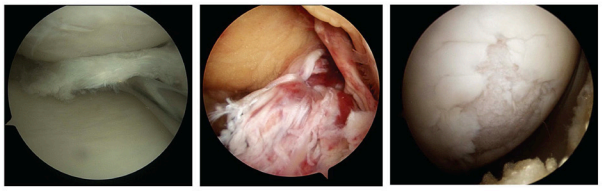


Figure 1: Osteoarthritis incidence

Knee Osteoarthritis in Athletes



Knee Osteoarthritis in Athletes

운동은 관절에 독인가, 약인가?

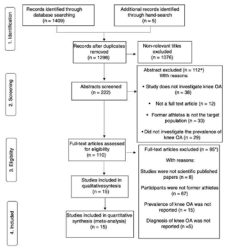
은퇴 선수의 무릎 관절염 유병률은 몇 %일까요?

Madaleno FO et al. Braz J Phys Ther 2018

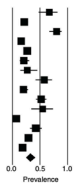
Knee Osteoarthritis in Athletes

SYSTEMATIC REVIEW

Prevalence of knee osteoarthritis in former athletes: a systematic review with meta-analysis

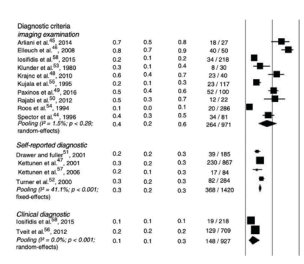


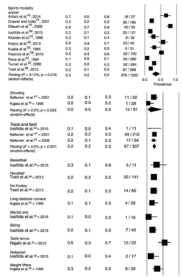
Study name	Event rate	Lower limit	Upper limit	Event/ Total
Arliani et al.[45], 2014	0.7	0.5	0.8	18 / 27
Drawer and fuller[37], 2001	0.2	0.2	0.3	39 / 185
Ellseuch et al.[38], 2008	0.8	0.7	0.9	40 / 50
Iosifidis et al.[39], 2015	0.2	0.1	0.2	34 / 218
Kettunen et al.[40], 2001	0.3	0.2	0.3	230 / 867
Kettunen et al.[41], 2006	0.2	0.1	0.3	17 / 84
Klunder et al.[53], 1980	0.3	0.1	0.4	8 / 30
Krajnc et al.[54], 2010	0.6	0.4	0.7	23 / 40
Kujala et al.[55], 1995	0.2	0.1	0.3	23 / 117
Paxinos et al.[42], 2016	0.5	0.4	0.6	52 / 100
Rajabi et al.[52], 2012	0.5	0.3	0.7	12 / 22
Roos et al.[43], 1994	0.1	0.0	0.1	20 / 286
Spector et al.[44], 1996	0.4	0.3	0.5	34 / 81
Turner et al.[52], 2000	0.3	0.2	0.3	82 / 284
Tveit et al.[46], 2012	0.2	0.2	0.2	129 / 709
Pooling (I² = 49.2%; p < 0.001; random-effects)	0.3	0.2	0.4	761 / 3100



Madaleno FO et al. Braz J Phys Ther 2018

Knee Osteoarthritis in Athletes





Madaleno FO et al. Braz J Phys Ther 2018

Knee Osteoarthritis in Athletes

Does sports participation (including level of performance and previous injury) increase risk of osteoarthritis? A systematic review and meta-analysis

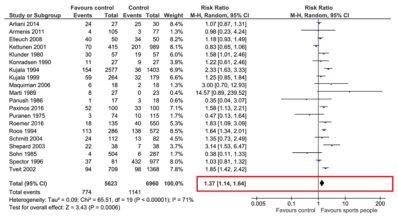


Figure 3 Forest plot assessing the risk of OA after (all) sports exposure in sports people (elite and non-elite) compared with a control group. OA, osteoarthritis.

Tran G et al Br J Sport Med 2016

Knee Osteoarthritis in Athletes

Is Participation in Certain Sports Associated With Knee Osteoarthritis? A Systematic Review

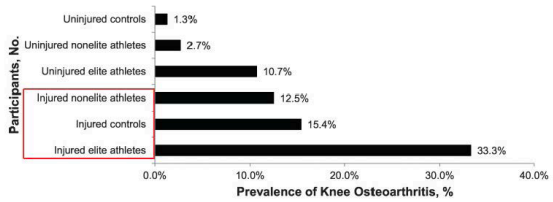
Table 1. Prevalence and Odds Ratios of Osteoarthritis (OA) Among 11 Retrospective Cohort Studies by Sport

Association With OA	Sport	Sport Participants n OA	No OA	Total	OA Prevalence, %	Nonexposed Participants n OA	No OA	Total	OA Prevalence, %	Crude Odds Ratio[a]	95% Confidence Interval
Significant											
	Elite and nonelite soccer[31,34,35,37,38,43]	79	960	1039	7.6	81	3417	3498	2.3	3.47	2.53, 4.77
	Elite long-distance running[29,57]	8	183	191	4.2	19	1413	1432	1.3	3.25	1.40, 7.53
	Elite weight lifting[29,57]	12	130	142	8.5	19	1413	1432	1.3	6.87	3.26, 14.46
	Elite wrestling[29]	12	244	256	4.7	18	1385	1403	1.3	3.78	1.80, 7.96
Unclear but possible[b]											
	High school American football[29]	11	12	23	47.8	1	10	11	9.1	9.17	1.00, 83.77
	Elite throwing[29]	5	162	167	3.0	18	1385	1403	1.3	2.38	0.87, 6.48
	Elite handball[31]	7	134	141	5.0	30	1215	1245	2.4	2.12	0.91, 4.91
	Elite cross-country skiing[29]	3	115	118	2.5	18	1385	1403	1.3	2.01	0.58, 6.92
	Elite ice hockey[26,37]	7	219	226	3.1	48	2600	2648	1.8	1.73	0.77, 3.87
	Elite orienteering[29,58]	54	237	291	18.6	26	180	206	12.6	1.58	0.95, 2.62
Unclear but unlikely[b]											
	Elite basketball[29]	1	84	85	1.2	18	1385	1403	1.3	0.92	0.12, 6.94
	Elite boxing[29]	4	230	234	1.7	18	1385	1403	1.3	1.34	0.45, 3.99
	Elite shooting[31]	11	41	52	21.2	120	388	508	23.6	0.87	0.43, 1.74
	Elite track and field[31,34]	76	718	794	9.6	257	2161	2418	10.6	0.89	0.68, 1.17

Briban J et al. Journal of Athletic Training 2017

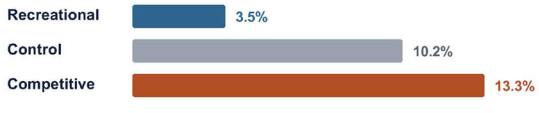
Knee Osteoarthritis in Athletes: Soccer

Prevalence (%) of knee osteoarthritis by injury status and level of play among soccer athletes and controls (no history of soccer participation)



Briban J et al. Journal of Athletic Training 2017

Knee Osteoarthritis in Athletes: Running



Alentorn-Geli E et al. JOSPT 2017

Knee Osteoarthritis in Athletes: Running

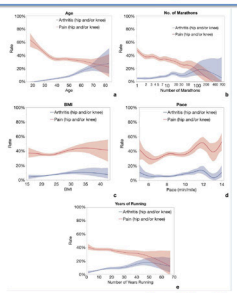
Outcome	N	Runners Events	Runners Total	Controls Events	Controls Total	Odds ratio (95% CI)	I^2	p-value
Overall population								
Hip and/or knee								
Competitive[11, 20-22, 44, 48]	6	184	1382	721	6276	1.34 (0.97-1.86)	53	0.0001
Recreational[6-7, 19, 24, 30, 34, 41, 42, 55, 56]	11	2942	83939	2373	23959	0.86 (0.69-1.07)	50	
Hip								
Competitive[11, 20-22, 48]	5	64	651	188	3067	1.65 (0.94-2.89)	58	0.36
Recreational[6-7, 56]	2	2266	74764	810	14635	0.81 (0.19-3.42)	48	
Knee								
Competitive[11, 20-22, 44, 48]	6	120	731	533	3209	1.16 (0.86-1.57)	15	0.005
Recreational[6-7, 19, 24, 30, 34, 42, 55]	8	461	1456	1328	3520	0.83 (0.7-0.99)	0	
Males								
Hip and/or knee								
Competitive[11, 20-22, 44]	5	147	1220	289	4322	1.45 (0.97-2.17)	53	0.004
Recreational[6, 34, 41, 42, 55, 56]	6	1606	52996	520	8106	0.78 (0.68-0.89)	0	
Hip								
Competitive[11, 20-22]	4	55	570	115	2090	1.67 (0.78-3.59)	68	0.17
Recreational[41, 56]	2	1352	46831	111	3132	0.86 (0.50-1.49)	8	
Knee								
Competitive[11, 20-22, 44]	5	92	650	174	2232	1.29 (0.90-1.83)	11	0.01
Recreational[24, 42, 55]	3	88	230	247	539	0.70 (0.50-0.97)	0	
Females								
Hip and/or knee								
Competitive[44]	1	37	162	432	1954	1.04 (0.71-1.53)	-	0.006
Recreational[6, 34, 56]	3	988	29726	932	13269	0.54 (0.41-0.71)	43	

Alentorn-Geli E et al. JOSPT 2017

Knee Osteoarthritis in Athletes: Running

Does Running Increase the Risk of Hip and Knee Arthritis? A Survey of 3804 Marathon Runners

Risk Factor	Pain* OR	Pain* P value	Arthritis† OR	Arthritis† P value
History of hip/knee surgery	1.50 (1.20-1.87)	<0.01*	5.85 (4.33-7.92)	<0.01*
Age, per year	0.99 (0.98-0.99)	<0.01*	1.08 (1.06-1.10)	<0.01*
History of hip/knee injury that prevented running	3.30 (2.85-3.83)	<0.01*	5.04 (3.45-7.34)	<0.01*
Family history of hip/knee arthritis	1.16 (0.98-1.37)	0.12	3.47 (2.52-4.79)	<0.01*
BMI, per kg/m^2	1.02 (0.99-1.05)	0.05	1.10 (1.05-1.15)	<0.01*
Pace for training runs, per minute/mile	1.04 (0.98-1.10)	0.19	0.88 (0.79-0.99)	0.03
Female sex, compared with men	1.43 (1.20-1.70)	<0.01*	1.41 (0.99-2.01)	0.06
Participation in other sports	1.04 (0.90-1.21)	0.59	0.87 (0.64-1.17)	0.35
Weekly mileage, per mile	0.99 (0.98-0.99)	<0.01*	0.99 (0.98-1.01)	0.36
No. of marathons, per marathon	0.99 (0.98-0.99)	<0.01*	1.00 (0.99-1.01)	0.56
Duration of running, per year	1.00 (0.99-1.01)	0.64	1.00 (0.98-1.01)	0.66
Cross training	0.88 (0.74-1.04)	0.14	0.98 (0.69-1.40)	0.91



Hartwell MJ et al. Sports Health 2023

Knee Osteoarthritis in Athletes: ACL Injury

Prevalence of post-traumatic osteoarthritis after anterior cruciate ligament injury remains high despite advances in surgical techniques

A SYSTEMATIC REVIEW AND META-REGRESSION ANALYSIS

Table II. Pooled prevalence of post-traumatic osteoarthritis after anterior cruciate ligament injury.

Variable	Prevalence, % (95% CI)	Median follow-up, years (IQR)	Studies, n	Patients, n	I^2, % (95% CI)
Total					
Overall	38.4 (32.9 to 44.2)	14.6 (10.7 to 16.6)	87	8,541	92.0 (90.7 to 93.1)
Tibiofemoral	31.5 (19.6 to 46.3)	15.7 (12 to 17.9)	7	656	91.6 (85.2 to 95.2)
Medial tibiofemoral	22.8 (15.6 to 31.9)	13 (11.2 to 17.6)	23	2,638	93.2 (91.0 to 94.9)
Lateral tibiofemoral	11.8 (7.7 to 17.8)	13 (11.2 to 17.6)	23	2,638	90.5 (87.0 to 93.0)
Patellofemoral	13.1 (8.5 to 19.8)	14 (11.7 to 16.0)	28	3,222	94.1 (92.5 to 95.4)
Operatively treated					
Overall	37.9 (32.1 to 44)	14.6 (10.6 to 16.4)	83	7,771	91.8 (90.5 to 93.0)
Tibiofemoral	34.1 (23.4 to 46.7)	13.9 (12.0 to 18.9)	6	473	81.9 (61.4 to 91.5)
Medial tibiofemoral	21.9 (14.8 to 31)	13 (11.2 to 18.5)	22	2,579	93.2 (91.0 to 94.9)
Lateral tibiofemoral	11.4 (7.3 to 17.4)	13 (11.2 to 18.5)	22	2,579	90.9 (87.5 to 93.3)
Patellofemoral	14.2 (8.8 to 22.1)	12.6 (11.1 to 17.2)	24	2,862	94.8 (93.3 to 96.0)
Nonoperatively treated					
Overall	40.5 (28.9 to 53.3)	15 (11.7 to 20.2)	15	594	86.0 (78.5 to 90.9)
Tibiofemoral	44.4 (26.6 to 63.5)	23 (17.5 to 28.5)	2	115	0
Medial tibiofemoral	N/A	N/A	0	0	N/A
Lateral tibiofemoral	N/A	N/A	0	0	N/A
Patellofemoral	12.8 (4.1 to 33.7)	23 (17.5 to 28.5)	2	115	61.4 (0.0 to 91.1)

CI, confidence interval; IQR, interquartile range; N/A, not available.

K. Linkkonen et al. Bone & Joint J 2023

Knee Osteoarthritis in Athletes: Meniscus

Long-Term Outcome After Arthroscopic Meniscal Repair Versus Arthroscopic Partial Meniscectomy for Traumatic Meniscal Tears

Long-Term Results of Repair Group Versus Partial Resection Group Regarding Osteoarthritic Changes Compared With the Opposite Uninjured Knee (Control)*

		Age at Surgery, y	Time of Follow-up, y	Osteoarthritis Fairbank Difference	Osteoarthritis Fairbank Control	Osteoarthritis Fairbank Postoperative	P Value
Repair (n = 26)	Mean	31.15	8.58	−0.19	0.27	0.46	NS (.063)
	SD	11.55	2.66	0.40	0.53	0.58	
Partial resection (n = 20)	Mean	30.40	9.15	−0.6	0.55	1.15	.0005
	SD	9.36	2.60	0.50	0.69	0.75	
P value		NS (.96)	NS (.30)	.005			

Fairbank Grade of Osteoarthritis in Percentages After Midterm and Long-Term Follow-up

	Midterm (3.43 ± 1.14 y)			Long-Term (8.83 ± 2.62 y) P = .005		
	Grade 0	Grade 1	Grade 2	Grade 0	Grade 1	Grade 2
Repair	100.00%	0%	0%	80.79%	19.23%	0%
Partial resection	94.74%	5.26%	0%	40.00%	60.00%	0%

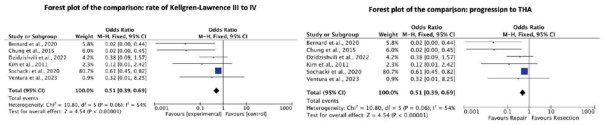
In the repair group, 94.4% reached the preinjury sports activity level at the long-term follow-up; only 43.75% of the partial meniscectomy group reached the preinjury level (P= .001).

Stein T et al Am J Sport Med 2010

Knee Osteoarthritis in Athletes: Meniscus

Meniscectomy is associated with a higher rate of osteoarthritis compared to meniscal repair following acute tears: a meta-analysis

20 studies (31,783 patients), 6 years follow-up



Migliorini F et al. KSSTA 2023

Treatment of Knee OA in Athletes

- **Consideration**
  - ✓**Age and activity level**
  - ✓**Pathomechanics**
  - ✓**Goal for treatment**



Treatment of Knee OA in Athletes

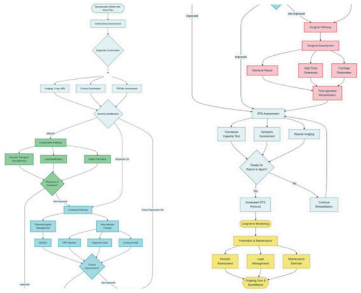
- OA has No CURE

According to the experts...

EVERYONE should receive education to be active, exercise, & manage their weight

Start with targeted rehab and load management; it's still the most reliable path back to play.

Treatment of Knee OA in Athletes: Decision Tree

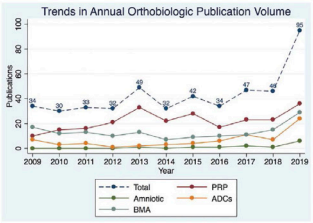


- Severity
- Clinical improvement
- Return to sports
- Long-term monitoring

Orthobiologics

Current Trends in Orthobiologics

An 11-Year Review of the Orthopaedic Literature **2009 – 2019**



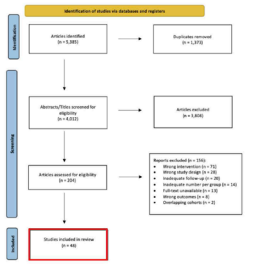
Orthobiologic	Clinical	Nonclinical	Review	Total
PRP	79	123	42	244
BMA	40	88	18	146
ADCs	10	54	8	72
Amniotic	3	6	3	12
Total	132	271	71	474

Ohana KK et al. AJSM 2021

Literature of PRP in Knee Osteoarthritis

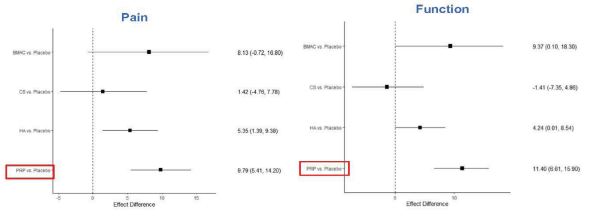
Platelet-Rich Plasma, Bone Marrow Aspirate Concentrate, and Hyaluronic Acid Injections Outperform Corticosteroids in Pain and Function Scores at a Minimum of 6 Months as Intra-Articular Injections for Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Network Meta-analysis

- HA, CS, PRP, BMAC, placebo
  - ✓ 6 months



Jawanda H et al. Arthroscopy, 2024

Literature of PRP in Knee Osteoarthritis



Jawanda H et al. Arthroscopy, 2024

Literature of PRP in Knee Osteoarthritis

Table 2. Surface Under the Cumulative Ranking (SUCRA) Scores of Interventions

Characteristic	Pain	Function	Mean
Platelet-rich plasma	91.00 (1)	92.07 (1)	91.54 (1)
Bone marrow aspirate concentrate	74.02 (2)	78.92 (2)	76.46 (2)
Hyaluronic acid	54.40 (3)	51.83 (3)	53.12 (3)
Corticosteroid	21.31 (4)	9.04 (5)	15.18 (4)
Placebo (normal saline)	9.26 (5)	18.13 (4)	13.70 (5)

NOTE. Higher SUCRA values denote higher likelihood that a given intervention is the best treatment modality for each respective outcome. Numbers in parentheses denote the rank of that injection type for each outcome.

Jawanda H et al. Arthroscopy, 2024

PRP for Knee Osteoarthritis in KOREA

- **Knee osteoarthritis (2024.12.13)**

958. 무릎 골관절염의 자가 혈소판 풍부 혈장 관절강내 주사

가. 기술명

○ 한글명 : 무릎 골관절염의 자가 혈소판 풍부 혈장 관절강내 주사

○ 영문명 : Intra-articular Injection of Autologous Platelet Rich Plasma in Knee Osteoarthritis

나. 사용목적

○ 무릎 관절의 통증 완화 및 기능 개선

라. 시술방법

○ 말초혈액을 채취한 후 원심분리를 통해 분리된 자가 혈소판 풍부 혈장을 무릎 관절강내 주사함(단독 주사 투여에 한함)

마. 안전성 · 유효성 평가결과

○ 무릎 골관절염의 자가 혈소판 풍부 혈장 관절강내 주사는 심각한 합병증이 보고되지 않았고, 시술 관련 합병증은 경미한 수준으로 안전성은 수용 가능함

○ 무릎 골관절염의 자가 혈소판 풍부 혈장 관절강내 주사는 기존 시술(스테로이드 또는 히알루론산 관절강내 주사 등)과 비교 시, 통증 완화 및 기능 개선 결과가 유사하거나 근소하게 향상된 수준으로 유효한 기술임

○ 따라서, 무릎 골관절염의 자가 혈소판 풍부 혈장 관절강내 주사는 1년 이상의 기존치료(경구 약물 복용과 스테로이드 또는 히알루론산 관절강내 주사)에 반응하지 않는 KL 2 ~ 3등급의 무릎 골관절염 환자를 대상으로, 무릎 관절의 통증을 완화하고 기능을 개선하는데 있어 안전하고 유효한 기술임

Injections for Knee OA in Athletes

Intra-articular injections in sport-active patients with degenerative cartilage lesions or osteoarthritis of the knee: a systematic review

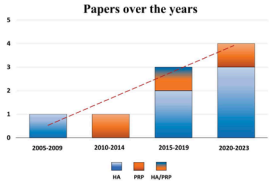


Table 2 Methodological quality of the included studies with evaluation

Articles	Reporting	External validity	Internal validity bias	Internal validity confounding	Power	Total
Zietz et al. 2008 [38]	9	3	5	2	0	19
Gobbi et al. 2012 [23]	10	3	5	2	2	22
Papalia et al. 2016 [42]	9	3	7	6	0	25
Tamburrino et al. 2016 [43]	9	3	5	3	0	20
Wu et al. 2017 [50]	6	3	5	3	3	20
Migliore et al. 2019 [36]	10	3	5	3	0	21
Akamaru et al. 2020 [1]	10	3	5	3	0	21
Bernetti et al. 2020 [9]	8	3	5	3	0	19
Bernetti et al. 2021 [8]	11	3	5	2	2	23
Perticarini et al. 2021 [47]	11	3	5	2	0	21

Marziani DL et al. J Exp Orthop, 2023

Sports Activity after Cartilage Repair

Return to Sports after Articular Cartilage Repair in the Football (Soccer) Player

	MF	ACI	OAT	Allograft
Return rate	68%	74%	91%	84%
Same level return	67%	71%	70%	60%
Time to return, mo	8 (6-18)	17 (10-36)	7 (4-9)	N/A
Durability (>3 y)	56%	77%	72%	N/A
Decreasing function	42%	0%	20%	N/A

Table 2. Factors Affecting Return to Play after Cartilage Repair

	MF	ACI	OAT	Allograft
Age	+	+	+	+
Duration of symptoms	+	+	+	
Lesion size	+		+	
Lesion type	+		+	
No. of previous surgeries	+	+		
Athlete's skill level	+	+		
Concomitant procedures			+	
Repair tissue morphology	+		+	

Mithoefer and Della Villa Cartilage 2012

Consideration Alignment

Realignment osteotomy of the knee allows for return to work and sport activities in the young athletic population

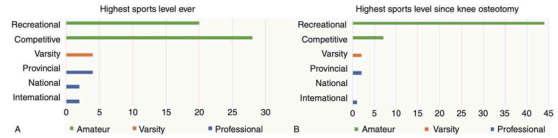


Figure 4 Highest sports level before knee osteotomy (A, n=60) and following knee osteotomy (B, n=57).

Witjes S et al JISAKOS 2016

Sports Activities after UKA

Original Research

Return to Sports After Unicompartmental Knee Arthroplasty

Author	Patients (N)	Mean age (Years)	Mean follow-up (Years)	Implant type	Return to sport (%)
Hariri et al. [16]	37	52.8	3	Fixed-bearing lateral UKA	87.5
Panzram et al. [38]	24	62.5	5	Cementless medial Oxford UKA	100
Papalia et al. [42]	2930	66.3	2.1	Medial and lateral UKA	86
Plancher et al. [28]	169	63	10	Fixed-bearing UKA (119 medial, 50 lateral)	98
Radhakrishnan et al. [39]	749	55–71.53	4	Medial and lateral UKA	92.7
Witjes et al. [23]	662	59–72	Not reported	Medial and lateral UKA	74 to >100

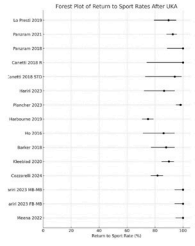
Impact rating and recommendations for various sports.

Impact per Vail et al.*	Sport	Recommendation
Low	Stationary cycling	A
	Calisthenics	A
	Golf	A
	Stationary skiing	A
	Walking	A
	Ballroom dancing	A
	Water aerobics	A
Potentially low	Bowling	A
	Fencing	A
	Rowing	A
	Isokinetic weightlifting	A
	Sailing	A
	Speed walking	A
	Cross-country skiing	A
	Table tennis	A
	Jazz dancing and ballet	A
	Bicycling	A
Intermediate	Free weightlifting	AE
	Hiking	AE
	Horseback riding	AE
	Ice skating	AE
	Rock climbing	AE
	Low-impact aerobics	AE
	Doubles tennis	AE
	In-line skating	AE
	Downhill skiing	AE
High	Baseball and softball	NR
	Basketball and volleyball	NR
	American football and rugby	NR
	Handball and racquetball	NR
	Jogging and running	NR
	Lacrosse	NR
	Soccer	NR
	Singles tennis	NR
	Waterskiing	NR
	Karate	NR

Plancher KD et al JISAKOS 2024

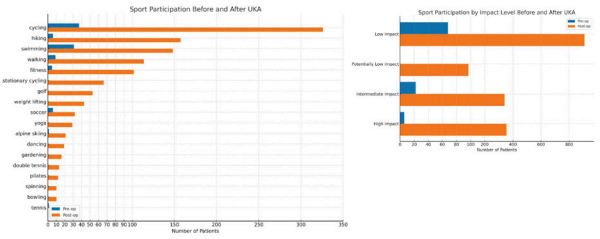
Sports Activities after UKA

Sport participation after unicompartmental knee arthroplasty: High return rates independent of implant design or technique, a systematic review and meta-analysis



Cerasoli T et al J Exp Orthop 2026

Sports Activities after UKA



Cerasoli T et al J Exp Orthop 2026

Sports Activities after TKA: General Population

BJO

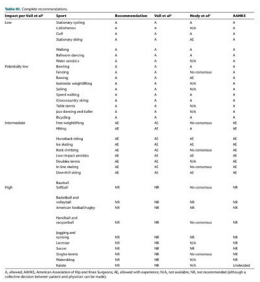
SYSTEMATIC REVIEW

Return to sport post-knee arthroplasty

AN UMBRELLA REVIEW FOR CONSENSUS GUIDELINES

Table II. Select recommendations for return to sport.

Recommendation status	Activity
Recommended	Walking
	Golf
	Biking
Recommended with experience	Hiking
	Doubles tennis
	Downhill skiing
Not recommended, but a collective decision between patient and physician can be made	Baseball
	Basketball
	Running
	Soccer



Patients undergoing UKA return to sport one week sooner and with more success than TKA.

Lester D et al Bone Jt Open 2022

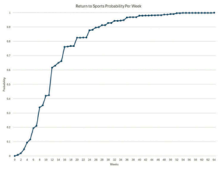
Sports Activities after TKA: Athletes

Return to Sports After Primary Total Knee Arthroplasty

A Prospective Cohort Study of 1782 Patients

Of 1464 patients, 782 (53.4%) achieved RTS, while 676 (46.6%) did not;

62% resumed their previous sport at the same level, 34.5% at a reduced intensity, and 3.4% switched to a different sport.



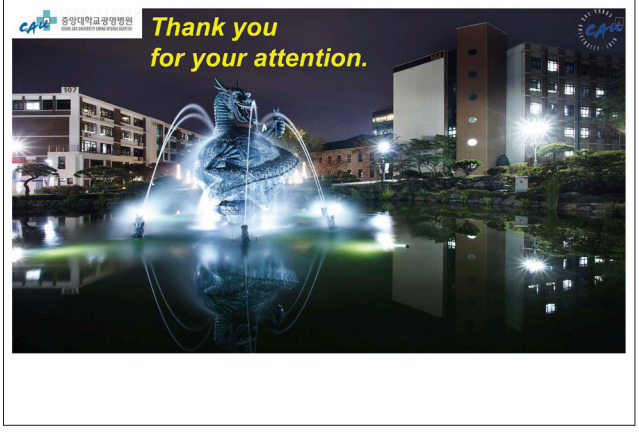
Multivariable Logistic Regression Analysis for Factors Associated With Inability to RTS at 1 Year After TKA[a]

Variable	Level	OR	2.50%	97.50%	P
Age	45-64	Reference	Reference	Reference	Reference
	18-44	2.1807	0.5969	9.9217	.2642
	65 +	1.2028	0.8274	1.7512	.3338
Sex	Female	Reference	Reference	Reference	Reference
	Male	0.7107	0.5111	0.9882	.0429
Race	White	Reference	Reference	Reference	Reference
	Black	2.3078	1.4368	3.66	**.0001**
	Other	0.578	0.3006	1.1045	.1051
Smoker	Never	Reference	Reference	Reference	Reference
	Current	1.1102	0.6307	1.9417	.7165
	Quit <6 months	1.1332	0.5207	2.4719	.7565
	Quit >6 Months	0.9203	0.7152	1.1966	.554
CCI	CCI 0-2	Reference	Reference	Reference	Reference
	CCI 3-4	1.3	1.0054	2.0377	**.0225**
	CCI 5+	1.5743	1.1178	2.2218	**.0096**
Insurance	Commercial	Reference	Reference	Reference	Reference
	Medicaid	1.1843	0.6893	2.1685	.7201
	Medicare	0.9703	0.5905	1.5942	.9075
	Other	1.1717	0.7607	1.7378	.4414
PROM phenotype	Pain + PS + MCS +	Reference	Reference	Reference	Reference
	Pain + PS + MCS-	1.3862	0.7423	2.6075	.3055
	Pain + PS-MCS +	0.745	0.4488	1.2337	.253
	Pain + PS-MCS-	0.9743	0.5748	1.6485	.9235
	Pain-PS + MCS +	0.9035	0.5478	1.5101	.7018
	Pain-PS-MCS-	0.7127	0.4284	1.1855	.1869
	Pain-PS-MCS +	1.3367	0.655	2.6578	.4409
	Pain-PS-MCS-	1.0965	0.8203	0.5189	.1507
BMI classification	Normal weight	Reference	Reference	Reference	Reference
	Overweight	1.1599	0.7213	1.4699	.9661
	Obese class 1	1.1124	0.6752	1.8327	.6678
	Obese class 2	1.4326	0.8762	2.3548	.1555
	Obese class 3	0.9855	0.4495	1.8748	.9648
Competitive level	None	Reference	Reference	Reference	Reference
	Recreational	0.0855	0.0494	0.1393	**<.0001**
	Competitive	0.0998	0.0578	0.1591	**<.0001**

Soares RW et al Am J Sports Med 2026

Summary

- **Keeping Active with Osteoarthritis**
  - ✓Individualize treatment to the patient's sport and goals.
  - ✓Make exercise and load management the foundation.
  - ✓Distinguish symptom relief from structural regeneration.
  - ✓Guide return to sport through functional recovery and shared decisions.



양재혁

학력

고려대학교 의학과 학사

고려대학교 의학대학원 의학과 석사

고려대학교 의학대학원 의학과 박사

주요 경력

대한정형외과 스포츠학회 – 부편집인

대한정형외과학회 – 척추 분과 고시위원

대한골다공증학회 – 학술위원

대한척추외과학회 편집위원회 총무

현재 소속 및 직위

고려대학교 안암병원 정형외과 교수

고려대학교 안암병원 척추센터 센터장

고려대학교부속 척추측만증연구소 소장

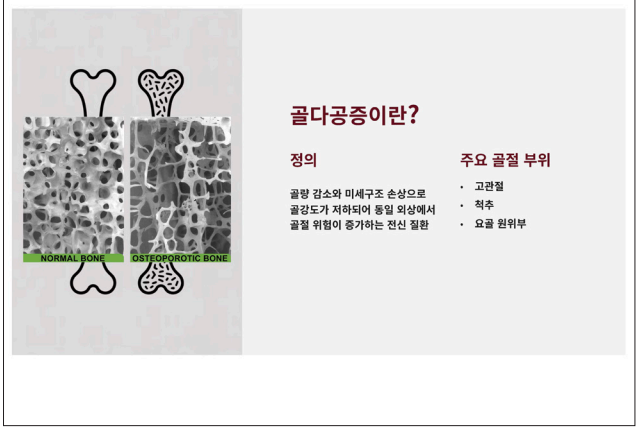
대표논문

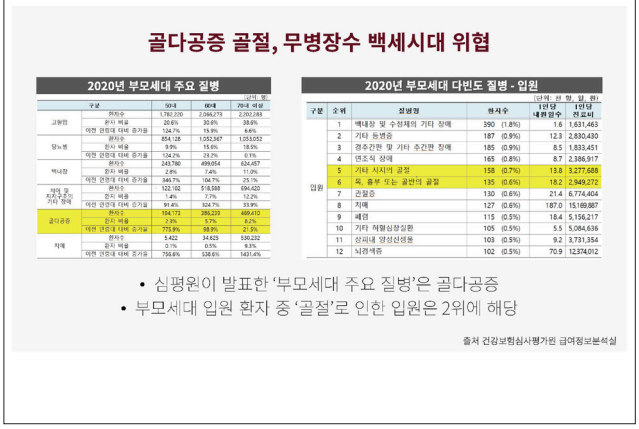
1. Kim HJ, Lee HR, Suh SW, Chang DG, Yang JH.Associations between flexibility, stretching habits, and spine injuries in professional golfers: a nationwide, cross-sectional study. J Orthop Surg Res. 2025.
2. Lee HR, Kim HJ, Lee S, Chang DG, Yang JH. Characteristics of spinal injury in professional golfers in South Korea: a nationwide cross-sectional study. BMJ Open . 2025
3. Lee HR, Kang M, Park JM, Yang JH. Comparative Radiologic and Morphologic Analysis of Posterolateral Fusion and Percutaneous Pedicle Screw Fixation for Thoracolumbar Junction Burst Fractures. J Clin Med. 2025

스포츠인의 골다공증 치료

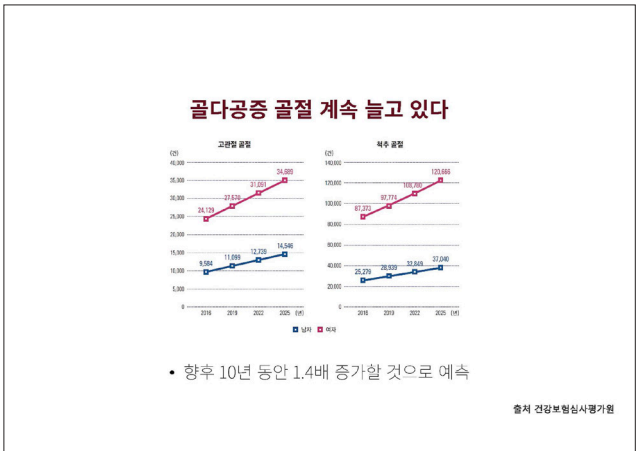
고대안암병원

양재혁









운동하는 우리…
어떻게 골밀도에 대처하고 관리 ??



1장. 운동 요법
병태생리에 기초한 처방의 원칙과 실제

운동이 신체에 미치는 효과

긍정적 효과
- ✓근골격계 강화
- ✓근력 능력 향상
- ✓심폐대사 개선

필수 요소
- ✓안전한 운동 방법
- ✓운동의 위험 관리
- ✓개별적 운동 프로그램

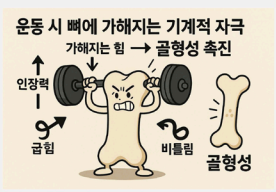
골대사의 생리적 원리



운동이 뼈에 미치는 효과

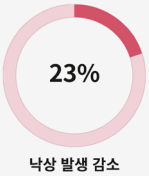
직접 경로
뼈에 기계적 자극을 주어 골형성 촉진

간접 경로
근력·균형 향상으로 낙상 위험 감소





운동의 입증된 효과



낙상 발생 감소
근력·균형 운동 (코크란 메타분석)



골밀도 증가
척추·대퇴경부 (고강도일수록 큼)

골절 16%·손상 동반 낙상 26% 감소 (영국 합의문 2022)

Sherrington C et al. Cochrane 2019; Kistler-Fischbacher M et al. Bone 2021.
Brooke-Wavell K et al. Br J Sports Med 2022.

골다공증을 고려한 운동 처방의 3가지 핵심요소

유산소 운동



고부하 운동



균형·유연성 운동

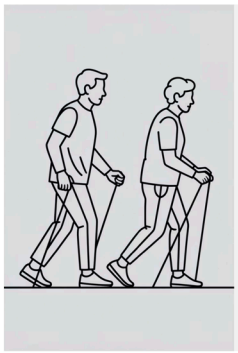


운동 처방의 틀: Strong · Steady · Straight

1	2	3
Strong	Steady	Straight
근력·충격 운동으로 뼈 강화	근력·균형 운동으로 낙상 예방	척추 신전근·자세 교정

2025 3요소를 운동의 목적 중심으로 재정리 (영국 합의문 2022)

Brooke-Wavell K et al. Br J Sports Med 2022;56:837–846.



유산소 운동 처방

강도

- 자각운동강도 12-14/20
(대화 가능하되 호흡 다소 가빠짐)

빈도

주 3~5일

시간

30-60분

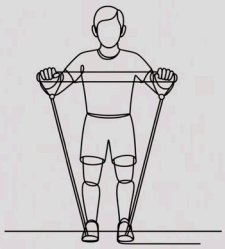
권장 종목

- 걷기·빠르게 걷기
- 계단 오르기
- 저충격 댄스

→ 고관절·요추에 적절한 부하

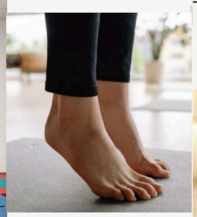
고부하 운동 처방

대근육군 다관절 동작	5-10회 × 2-3세트
스쿼트, 힙힌지, 푸시·풀 중심	주 2-3회, 하루 운동 하루 휴식
도구 조합	
밴드·덤벨·머신 상황별 활용	



균형·유연성 훈련







강도 증가의 원칙

1	2	3
시간 증가	빈도 증가	강도 증가
먼저 운동 시간 늘리기	다음으로 주당 횟수 늘리기	마지막으로 강도 높이기

2-4주 간격의 작은 단계로 진행하며, 통증·피로·수면 악화 시 10-20% 강도 후퇴

2장. 운동 시 주의사항

✓ 영양 상태 확인
✓ 기능 향상의 가속도와 손상 위험의 균형



기본 영양·생활습관 교정

칼슘
800-1000 mg/일

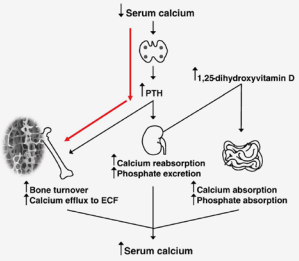
비타민 D
≥800 IU/일

단백질
≥1.0 g/kg/일

금연·절주·일광 노출·낙상 환경 개선 병행 필수

칼슘
800-1000 mg/일

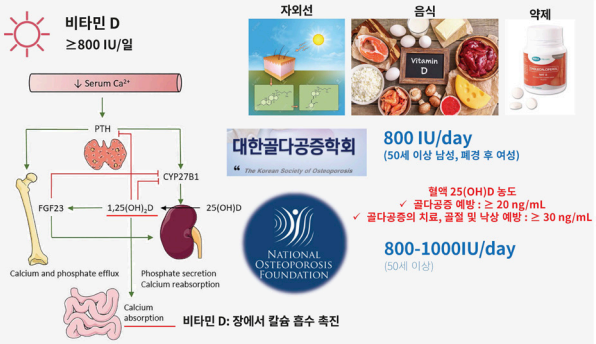
역치영양소
최소 이상만 필요



대한골다공증학회
"The Korean Society of Osteoporosis"
800-1000mg/day

NATIONAL OSTEOPOROSIS FOUNDATION
> 1000mg/day
(50-70세 남성)
>1200mg/day
(71세 이상 남성, 51세 이상 여성)

비타민 D
≥800 IU/일

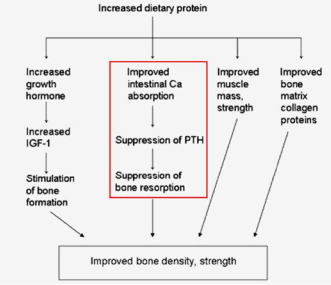


대한골다공증학회
"The Korean Society of Osteoporosis"
800 IU/day
(50세 이상 남성, 폐경 후 여성)

NATIONAL OSTEOPOROSIS FOUNDATION
혈액 25(OH)D 농도
✓ 골다공증 예방 : ≥ 20 ng/mL
✓ 골다공증의 치료, 골절 및 낙상 예방 : ≥ 30 ng/mL
800-1000IU/day
(50세 이상)

비타민 D: 장에서 칼슘 흡수 촉진

단백질
≥1.0 g/kg/일



대한골다공증학회
"The Korean Society of Osteoporosis"
1.0 g/kg/day 이상

단, 칼슘 600 mg/일 미만이면
2.0 g/kg/day 이상은 피함
→ 소변 칼슘 배설 증가

대한골다공증학회. Clinician's Guide to Osteoporosis and Sarcopenia. 2024.
Rizzoli R et al. Osteoporos Int 2018.

첫 방문 평가 항목

1. 낙상력
과거 낙상 경험 확인

2. 통증 지도
통증 부위·강도 파악

3. 신체 균형 - 척추 변형
후만·측만 평가

4. 신경학적 징후
감각·운동 이상 확인

5. 심혈관 위험
기저질환 평가

낙상 위험 층화

1 **낙상력 질문**
12개월 내 낙상 없음 → 저위험군

2 **고위험 신호**
부상·반복 낙상·노쇠·실신 → 고위험

3 **TUG 검사**
10초 초과 → 중등도 위험군

대한골다공증학회 2024: 세계 낙상 지침 기반 국내 선별 알고리즘

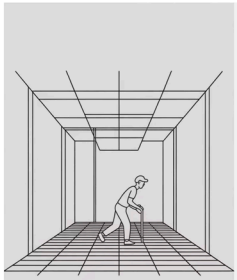
대한골다공증학회. Clinician's Guide to Osteoporosis and Sarcopenia. 2024.

운동 중 주의해야 할 동작 (연령 고려)



특히 기존 척추 압박골절이나 현저한 후만이 있는 경우 더욱 엄격히 적용

Brooke-Wavell K et al. Br J Sports Med 2022;56:837–846.



환경 위험 관리

보조구·신발
적절한 장비 선택

실내외 환경
조명·미끄럼·장애물 정돈

운동시 감독
동반자·지도자 배치

골밀도 강화 운동중 발생한 통증 관리 프로토콜

통증 평가
숫자평가척도 5 이상 또는 48시간 이상 지속

재평가
통증 회복 확인 후 점진적 증량

강도 조정
10-20% 하향, 저강도 운동으로 전환

운동 그만 !!!

즉시 운동 중단 및 정밀 평가 필요

- 안정 시 통증의 급격한 악화
- 진행성 신경학적 결손
- 설명되지 않는 발열·체중 감소
- 최근 저에너지 운동 후 통증의 지속적 악화

장기 약물 복용 중 허벅지·서혜부 통증
→ 비전형 대퇴골 골절 의심, 충격 운동 중단



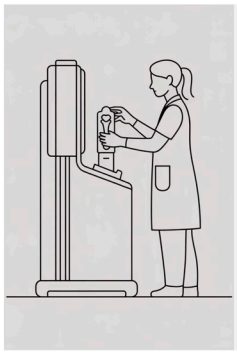
운동은 좋은 골다공증 관리 방법
하지만 운동만으로 골다공증의 관리는 어렵다 !!!

호르몬 변화
폐경 후 급격한 변화

노화
자연스러운 골량 감소

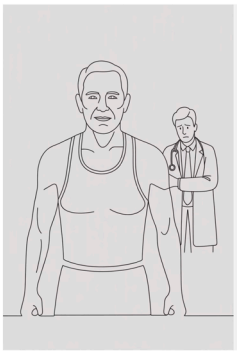
영양 상태
칼슘·비타민 D 부족

의학적 검사, 진단, 추적 평가가 모든 고령 운동참여자에게 필수적 !!



3장. 검사·치료

"운동은 골밀도 유지 및 관리에 효과적이지만 충분조건은 아니다"



위험한 착각

"나는 운동을 꾸준히 하니까 골다공증은 없을 것이다"

노화에 따른 뼈의 미세구조 손상,
폐경등으로 인한 호르몬 변화,
기저 질환에 따른 영양·약물·동반질환의 복합적 영향
→ 운동만으로 해결되기는 어렵다 !!

무증상 골다공증의 위험

1 초기
증상 없이 골밀도 감소

2 진행
아무런 이상 없이 일상 생활 중 척추 압박골절 발생

3 발견
뒤늦게 진단, 이미 진행된 상태

임상 현장에서 드물지 않은 사례 !!!

골다공증 검사 보험 기준

일반 기준

✓ 여성: 65세 이상
✓ 남성: 70세 이상
✓ DXA 검사: 요추 및 대퇴골

조기 검사 대상

✓ 고위험 요소가 1개 이상 있는 65세 미만의 폐경 후 여성
- 저체중(BMI < 18.5)
- 비외상성 골절의 과거력이 있거나 가족력이 있는 경우
- 외과적인 수술로 인한 폐경 또는 40세 이전의 자연 폐경

✓ 비정상적으로 1년 이상 무월경을 보이는 폐경 전 여성
✓ 비외상성(fragility) 골절
✓ 골다공증을 유발할 수 있는 질환이 있는 경우
✓ 골다공증을 유발할 수 있는 약물을 복용 중
✓ 기타 골다공증 검사가 반드시 필요한 경우

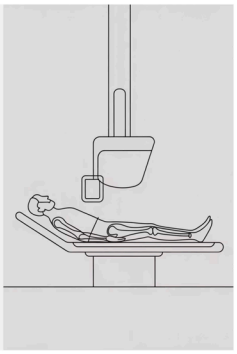
2024년 심평원 기준 참조

고령 스포츠인 맞춤 접근

01 **65세 부터 골밀도검사**
운동 여부와 무관하게 최소 1회 검사

02 **1-2년 간격 추적**
개인 위험도에 따라 조정

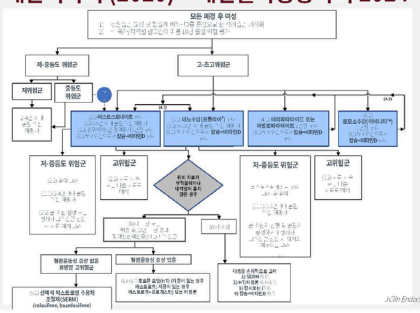
03 **증상 발생 시 즉시 평가**
키 감소, 흉·요통, 자세 변화





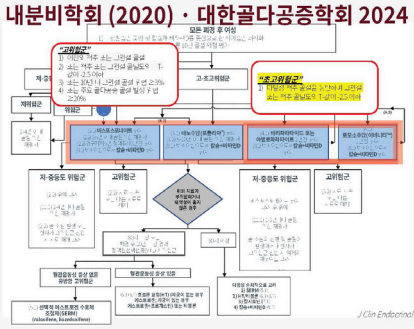
4장. 약물 치료

폐경 후 골다공증 약물치료 알고리즘
미국 내분비학회 (2020) · 대한골다공증학회 2024 수록



J Clin Endocrinol Metab 105: 1–8, 2020

폐경 후 골다공증 약물치료 알고리즘
미국 내분비학회 (2020) · 대한골다공증학회 2024 수록



J Clin Endocrinol Metab 105: 1–8, 2020

대한골다공증학회 2024: 위험도별 첫 약제

고위험군
비스포스포네이트 · 데노수맙 일차 사용

초고위험군
골형성제 1–2년 → 골흡수억제제

데노수맙 → 테리파라타이드 순서는 비권고 (대퇴부 골밀도 감소)

대한골다공증학회. Clinician's Guide to Osteoporosis and Sarcopenia. 2024.

아시아·태평양 합의문 (2024) 핵심 권고

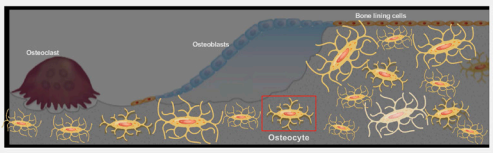
1. **만성 질환**
   목표는 골절 예방
2. **초고위험군**
   골형성제 1차 치료
3. **순차 치료**
   골형성제 후 항흡수제
4. **데노수맙 중단**
   BP로 전환, 최소 2년
5. **부작용 발생 시**
   중단 대신 약제 전환

Tai TW et al. Osteoporos Sarcopenia 2024;10:3–10. (대한골다공증학회 학술지, 한국 전문가 세부 참여)

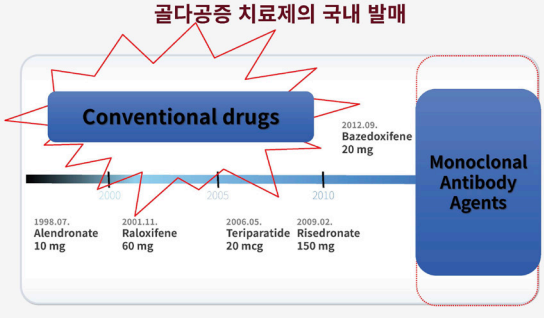
골다공증 약물 치료의 두 축

항흡수제 – Anti-resorptive agents
파골세포 활성 억제
- 비스포스포네이트 계열 약제
- 데노수맙

골형성제 - Anabolic agents
골형성 촉진
- 테리파라타이드
- 로모소주맙



골다공증 치료제의 국내 발매



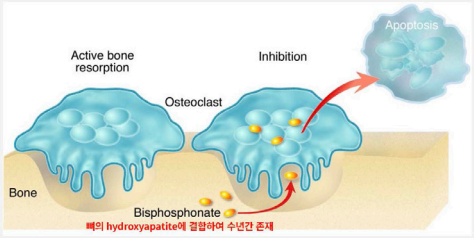
골다공증에 사용되는 약제
- 작용 기전에 따른 분류, Anti-resorptive agents -

	Administration considerations	Treatment duration and follow-up
Bisphosphonates		
Alendronate	✓ Take fasting with a glass of water while sitting or standing; remain upright and fasting for 30 min; ✓ safety when eGFR<30–35 mL/min not established; contraindicated in active upper gastrointestinal disease	Suggested treatment duration of ~5 years followed by a drug holiday of 1–2 year
Ibandronate		
Zoledronate	✓ Intravenous infusion in 100 mL in at least 15 min, requires eGFR >30–35 mL/min; ensure vitamin D-replete before infusion	
Monoclonal antibody against RANKL		
Denosumab	✓ Ensure vitamin D-replete before initiation; have a plan for discontinuation before initiation ✓ Need to calcium supplementation due to denosumab-induced hypocalcemia	Treatment up to 10 years appears safe and effective Drug holidays are not appropriate Follow with another anti-resorptive agent or romosozumab

Reid IR, et al. Lancet. 2022.

Bisphosphonate

- BPs bind with high affinity to hydroxyapatite in bone



Bisphosphonate
- Well-known complications -

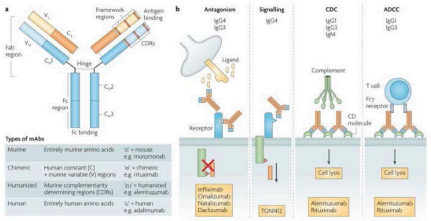
- 턱뼈괴사 (ONJ, osteonecrosis of the jaw)
  - ✓그용량의 비스포스포네이트 주사 : 1~10%
  - ✓골나성증 용량: 경구 BP 1.04–69명/10만 인년
  - ✓대누수암 52명/10만 인년 (FREEDOM 10년)
- 비진형 대퇴골골절 (atypical femur fracture)
  - ✓대퇴부, 서혜부 통증
  - ✓X-ray: 비후된 피질골, 골막 반응
- 신독성
  - ✓중증 신부전 (Creatinine clearance < 30~35mL/min)
  - ✓투여 X
  - ✓그용량, 짧은 주사 시간, 짧은 투약 간격



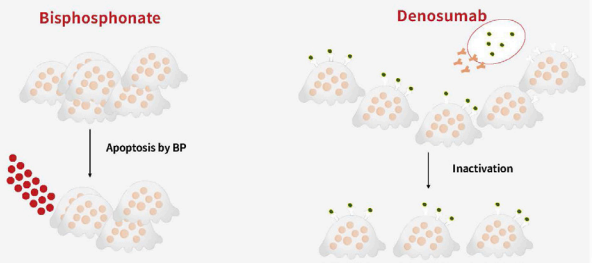
대한골다공증학회. Clinician's Guide to Osteoporosis and Sarcopenia. 2024.

What is Monoclonal antibody agents ?

- To enhance effects and to minimize immunogenicity and side effects



Osteoclast inhibition mechanism
- Anti-resorptive agents -



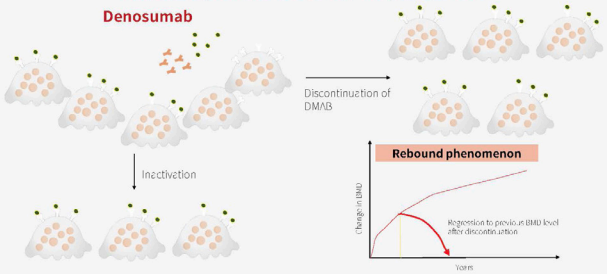
Denosumab vs. Bisphosphonates
Osteoclast bone resorption inhibition

Feature	Bisphosphonates	Denosumab
Molecular target	Cellular metabolic enzymes; for the nitrogen-containing bisphosphonates, the key target is FPPS, an enzyme needed for modification (prenylation) of proteins	Binds with high affinity and specificity to circulating RANKL
Structure	Small-molecule drugs	Monoclonal antibody
Site of action	Tightly bound to mineral in the bone matrix; internalised by osteoclasts	Extracellular milieu; does not associate with bone tissue
Specific effect on osteoclasts?	Yes; needs to be taken up from bone matrix into osteoclast cytoplasm during bone resorption	Yes; affects osteoclasts and their precursors, which express the RANK protein
Effect on osteoclast lineage	Induce apoptosis; bone-associated osteoclasts that survive may remain in the bone, but with reduced resorptive activity	Inhibits osteoclast formation, function, and survival
Onset of action and reversibility of effect	Depends on type of bisphosphonate and length of treatment; slow offset of action	Rapid onset of action; fully reversible and relatively rapid offset of action
Clearance	Release from bone matrix depends on bone turnover; may remain in bone over weeks to years. Released bisphosphonates are cleared by the kidney	Cleared by the reticuloendothelial system with half-life of ~ 26 days

Hypocalcemia
Atypical fracture
Rebound phenomenon
Be careful for kidney dysfunction!!

Issue of denosumab
- Rebound phenomenon after stop treatment -

Denosumab



Issue of denosumab
- Rebound phenomenon after stop treatment -

- Principal concern: Rebound phenomenon
  - FREEDOM-extension study

	Osteoporosis therapy: yes		Osteoporosis therapy: no	
	FREEDOM placebo N = 201	Combined denosumab N = 145	FREEDOM placebo N = 269	Combined denosumab N = 856
Vertebral fractures, *n* (%)	18 (9.0)	19 (13.1)	13 (4.8)	37 (4.3)
Single, *n* (%)	10 (5.0)	6 (4.1)	9 (3.3)	16 (1.9)
Multiple, *n* (%)	8 (4.0)	13 (9.0)	4 (1.5)	21 (2.5)
Rate per 100 participant-years (95% CI)	9.1 (4.9–13.3)	8.0 (4.3–11.8)	7.9 (3.6–12.1)	6.7 (4.5–8.9)
Single	4.9 (1.8–7.9)	2.4 (0.5–4.3)	5.4 (1.9–8.9)	2.8 (1.4–4.2)
Multiple	4.0 (1.2–6.8)	5.4 (2.3–8.4)	2.4 (0.0–4.7)	3.8 (2.1–5.4)

N/A – not applicable; Q – quartile.

	1471 Participants included[a]	772 participants included[b]
Significant covariates	Odds ratio (95% CI)	Odds ratio (95% CI)
Prior VFx[c] (yes versus no)	3.9 (2.1–7.2)	3.6 (1.8–7.1)
Off-treatment duration (per year)	1.6 (1.3–1.9)	1.4 (1.1–1.7)
Off-treatment annualized total hip BMD loss[d] (per 1%)	Not included	1.2 (1.1–1.3)

Cummings et al. JBMR, 2018

데노수맙 중단 시 관리

중단 시
6개월 시점 BP 시작, 최소 2년

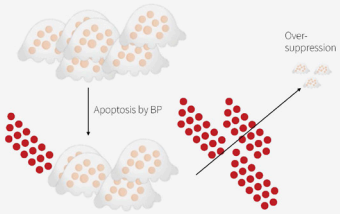
급여 확대
T –2.0 이하 호전 시 최대 2년 추가 (2024.5)

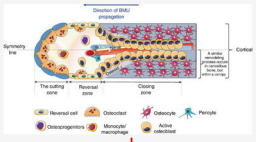
데노수맙은 "정확히 6개월", 끊지 말고 갈아탄다 !!

Tsourdi E et al. J Clin Endocrinol Metab 2021.
Kim BK et al. Endocrinol Metab 2021; Tai TW et al. 2024.

Issue of bisphosphonate

Long-term treatment of bisphosphonate





Did not work bone remodeling process !!
d/t over-suppressed osteoclasts

ATYPICAL FRACTURE

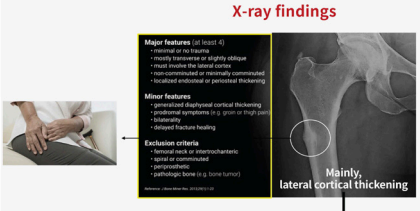
비전형 대퇴골골절 (atypical femur fracture) 증례
- F/64, Alendronate 4년 사용 -

가톨릭대학 이준석 교수님 자료

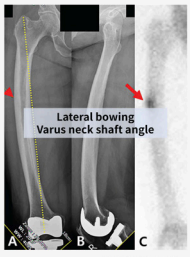


비전형 대퇴골골절 (atypical femur fracture) 증례
- Need to know for incomplete atypical femur fracture -

X-ray findings



Mainly,
lateral cortical thickening



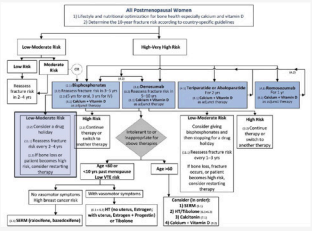
X-ray상 안보이더라도, 참기 복용한 경우, 최소한 femur shaft 부위 티진을 통해 기초 감별은 필요

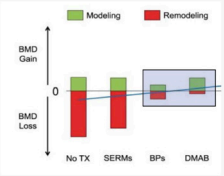
Change of lower limb geometry

Yoon, et al. JBJS. 2022

Issue of bisphosphonate
- Drug holiday -

Bisphosphonate : need treatment holiday

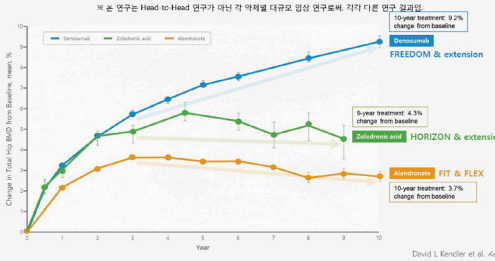




Denosumab vs BPs : 골밀도 상승 효과 (고관절)

▪ Denosumab은 10년의 치료동안 골밀도를 지속적으로 증가시켰지만,
장기간의 BPs의 사용은 3년 후 전체 고관절 부위에서 골밀도의 정체를 보인다

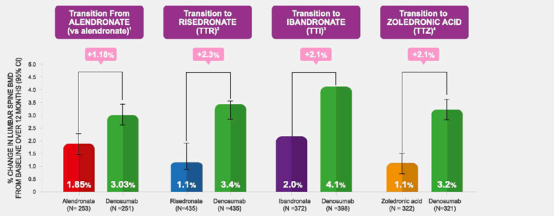
※ 본 연구는 Head-to-Head 연구가 아닌 각 약제별 대규모 임상 연구로써, 각각 다른 연구 결과임.



David L Kendler et al. *Adv Ther.* 2022

Denosumab vs BPs : 골밀도 상승 효과 (척추)

▪ 이전의 경우 BPs로 치료 받은 환자를 대상으로 실시한 4건의 Denosumab Head-to-Head 연구
Denosumab은 BPs에 비해 요추에서 더 높은 BMD 개선 효과를 보였습니다.

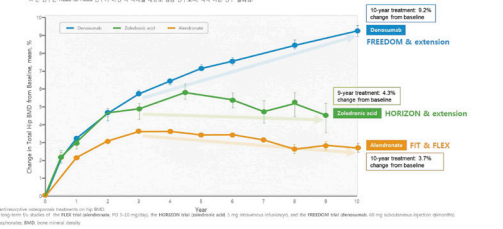


Reckner C, et al. Obstet Gynecol 2013
Miller PD, et al. J Clin Endocrinol Metab 2016

Denosumab vs BPs : 골밀도 상승 효과 (고관절)

▪ Denosumab은 10년의 치료동안 골밀도를 지속적으로 증가시켰지만,
장기간의 BPs의 사용은 3년 후 전체 고관절 부위에서 골밀도의 plateau를 보입니다.

※ 본 연구는 Head-to-Head 연구가 아닌 각 약제별 대규모 임상 연구로써, 각각 다른 연구 결과임.



*Effects of antiresorptive osteoporosis treatments on hip BMD.
Data from long-term Ex studies of the FLEX trial alendronate, PO 5-10 mg/day), the HORIZON trial (zoledronic acid 5 mg intravenous infusion/yr), and the FREEDOM trial (denosumab, 60 mg subcutaneous injection q6months).
BPs, bisphosphonates; BMD, bone mineral density.

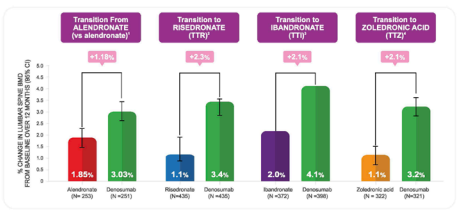
[References] 1. David L Kendler et al. Adv Ther 2022 Jan;39(1):58-74.

Obodence

Role of denosumab in osteoporosis treatment

Denosumab vs BPs : 골밀도 상승 효과 (척추)

▪ 이전의 경우 BPs로 치료 받은 환자를 대상으로 실시한 4건의 Denosumab Head-to-Head 연구에서,
Denosumab은 BPs에 비해 요추에서 더 높은 BMD 개선 효과를 보였습니다.



Drug: denosumab; BPs, bisphosphonates; BMD, bone mineral density

[References] 1. Kendler DL, et al. J Bone Miner Res 2018;33:72-81. 2. Rosa C, et al. Bone 2014;58:48-54. 3. Reckner C, et al. Obstet Gynecol 2013;122:1291-99. 4. Miller PD, et al. J Clin Endocrinol Metab 2016;101:3163-70.

Obodence

Case : 최O숙 F/85

- **Lower back pain**
  - DM/HTN(-/+), RA
  - Prior osteoporosis medication(+): 10Y (Bisphosphonate)
- **Very high risk**
  - Acute L2 Fx.
  - T-score: -2.9/-3.5



2023.12.06

59

BMD



2023.12.06 -2.9/-3.5



2025.02.05 -1.7/-3.4

• **Denosumab therapy**



2023.11.20



2024.03.11



2025.02.05

골형성제: 초고위험군의 선택

Teriparatide
최대 24개월 사용, 척추·비척추 골절 감소
종료 후 항흡수제로 전환 필수

Romosozumab
sclerostin 억제, 골형성 촉진+흡수 억제
12개월 내 빠른 BMD 상승

골다공증에 사용되는 약제
- 작용 기전에 따른 분류, Anabolic agents -

	Administration considerations	Treatment duration and follow-up
Parathyroid hormone analogue		
Teriparatide	✓ Treatment of postmenopausal, male, and glucocorticoid osteoporosis, and patients at high fracture risk	Usually treat for up to 2 years and follow with anti-resorptive agent
Monoclonal antibody against sclerostin		
Romosozumab	✓Dose provided as two 105 mg syringes ✓Should not be initiated in patients who have had a myocardial infarction or stroke within preceding year	Treat for 12 months and follow with anti- resorptive agent

Reid IR, et al. Lancet. 2022.

국내 골형성제 급여 기준 (2026)

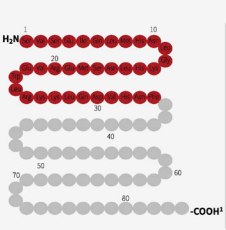
대상 (모두 충족)
✓ BP 1년+ 치료 중 새 골절
✓ 65세 이상
✓ 중심골 T ≤ −2.5
✓ 골다공증 골절 2개 이상
✓ 로모소주맙: 폐경 후 여성

급여 기간 · 주의
✓ 테리파라타이드: 평생 24개월
✓ 로모소주맙: 평생 12회 (월 1회)
✓ 종료 후 골흡수억제제로 전환
✓ 선행 약제는 BP만 인정
✓ 데노수맙 · SERM 선행은 불인정
✓ 기준 미충족 시 전액 본인 부담

대한골다공증학회 2024 · 심평원 기준

Human Parathyroid Hormone 1-34 [Teriparatide]

- Synthetic peptide containing the first 34 amino acids of endogenous human PTH



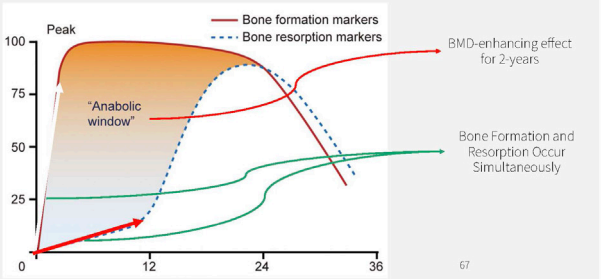
Niall et al. Proc Natl Acad Sci U S A 1974
Jin et al. J Biol Chem 2000;275(35)

Teriparatide : Osteoanabolic Effect

	Callus Formation	Increase Callus Size	Improve Mechanical Strength	Callus Mineralization	Cellular Content of Callus	Implant Osseo-integration
Bisphosphonates	-	+	+	+	-	+
Denosumab	-	-	+	-	-	-
SERMs	+	-	-	-	-	-
Teriparatide	+	+	+	+	+	+
Strontium ranelate	-	+	+	-	-	+

'+' denotes favourable effect, while '-' denotes no effect
1. Goldhahn *et al. Calcif Tissue Int* 2012;90(5):343-53.

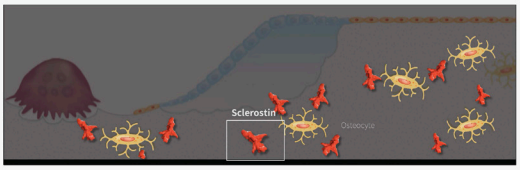
Teriparatide



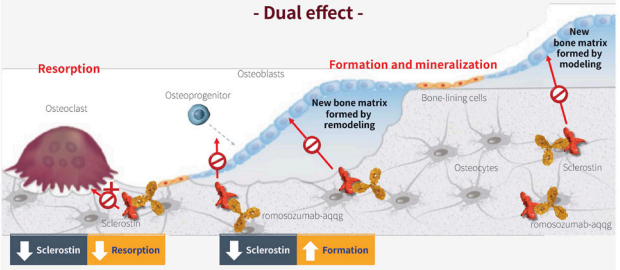
67

Romosozumab: Overview

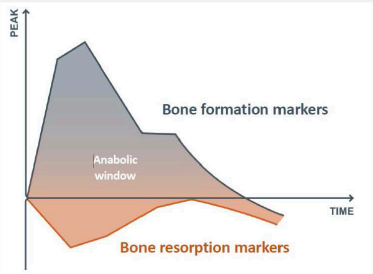
- Humanized immunoglobulin G2 monoclonal antibody for sclerostin
- Bone formation by osteoblast differentiation & activity
- Bone resorption by altering expression of osteoclast regulators



Romosozumab
- Dual effect -

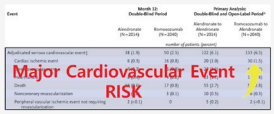


Anabolic window - Romosozumab

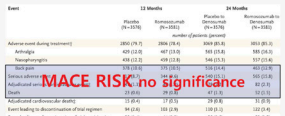


Critical issue of romosozumab
- Cardiovascular issue -

A ARCH: ROMO vs ALD



F FRAME: ROMO vs placebo



- FRAME 이 ARCH보다는 더 큰 Trial로 알려져 있는데.. 상이한 결론이 어떻게 해석할 수 있지?
- Alendronate가 Cardioprotective effect가 있는 것일까?
- 아니면, Romosozumab이 MACE risk를 정말 올리는 것일까?

골다공증 치료제 지속 사용 방법

고위험군
비스포스포네이트 또는 데노수맙 → 유지

초고위험군
골형성제 → 항흡수제 전환 (효과 고정)

지속적인 관리가 골다공증성 골절 예방 효과를 극대화 !!

Case : 홍O대 F/82

- **Lower back pain**
  - DM/HTN(-/+),
  - 2015.11~2018.03 29개월간 Ibandronate
  - 2018.04~2019.04 1Y Forsteo
  - 2019.05~2024.03 5Y Ibandronate
- **Very high risk**
  - s/p T12 Fx.
  - T-score: -4.9/-4.0



2024.06.25

73

BMD

Region	Area[cm²]	BMC[g]	BMD[g/cm²]	T-score	PR (Peak Reference)	Z-score	AM (Age Matched)
L1	13.99	8.88	0.635	-2.9	66	-0.3	94
L2	15.39	8.27	0.537	-3.8	55	-0.8	83
L3	16.69	8.83	0.529	-4.4	51	-1.1	78
L4	19.34	8.86	0.458	-4.9	45	-1.4	68
L1-L2	29.38	17.15	0.584	-3.1	62	-0.3	91
L1-L3	30.48	17.71	0.577	-3.4	60	-0.5	88
L1-L4	33.33	17.74	0.532	-4.0	54	-0.9	79
L2-L3	32.08	17.09	0.533	-4.1	53	-0.9	78
L2-L4	34.73	17.12	0.493	-4.7	48	-1.3	71
L3-L4	36.03	17.69	0.491	-4.9	46	-1.4	69
L1-L3	46.87	25.97	0.564	-3.5	58	-0.6	86
Neck	**5.03**	**1.87**	**0.372**	**-4.0**	**46**	**-1.7**	**72**
Troch	10.60	4.28	0.404	-2.4	63	-0.7	85
Inter	15.69	9.12	0.581	-3.0	58	-1.1	78
Total	31.32	15.26	0.487	-3.2	57	-1.2	75

2024.06.25 **-4.9/-4.0**

Region	Area[cm²]	BMC[g]	BMD[g/cm²]	T-score	PR (Peak Reference)	Z-score	AM (Age Matched)
L1	13.93	8.45	0.608	-3.1	63	-0.4	90
L2	14.98	8.20	0.548	-3.8	56	-0.7	83
L3	16.58	9.05	0.546	-4.2	53	-1.0	79
L4	17.33	8.74	0.504	-4.5	49	-1.1	75
L1-L2	28.89	16.66	0.577	-3.2	61	-0.4	91
L1-L3	30.49	17.51	0.574	-3.4	59	-0.5	88
L1-L4	33.24	17.39	0.550	-3.8	56	-0.8	82
L2-L3	31.55	17.26	0.547	-4.0	54	-0.8	81
L2-L4	32.30	16.94	0.524	-4.4	51	-1.1	76
L3-L4	33.91	17.79	0.525	-4.6	50	-1.2	74
L1-L3	45.47	25.71	0.565	-3.5	58	-0.6	86
Neck	**4.45**	**1.93**	**0.433**	**-3.5**	**54**	**-0.9**	**85**
Troch	10.04	4.60	0.458	-1.9	72	-0.1	98
Inter	14.59	8.90	0.610	-2.8	61	-0.8	84
Total	29.08	15.42	0.530	-2.8	62	-0.8	86

2025.06.23 **-4.0/-3.5**

- **Romososumab 1Y: Denosumab Sequential therapy**

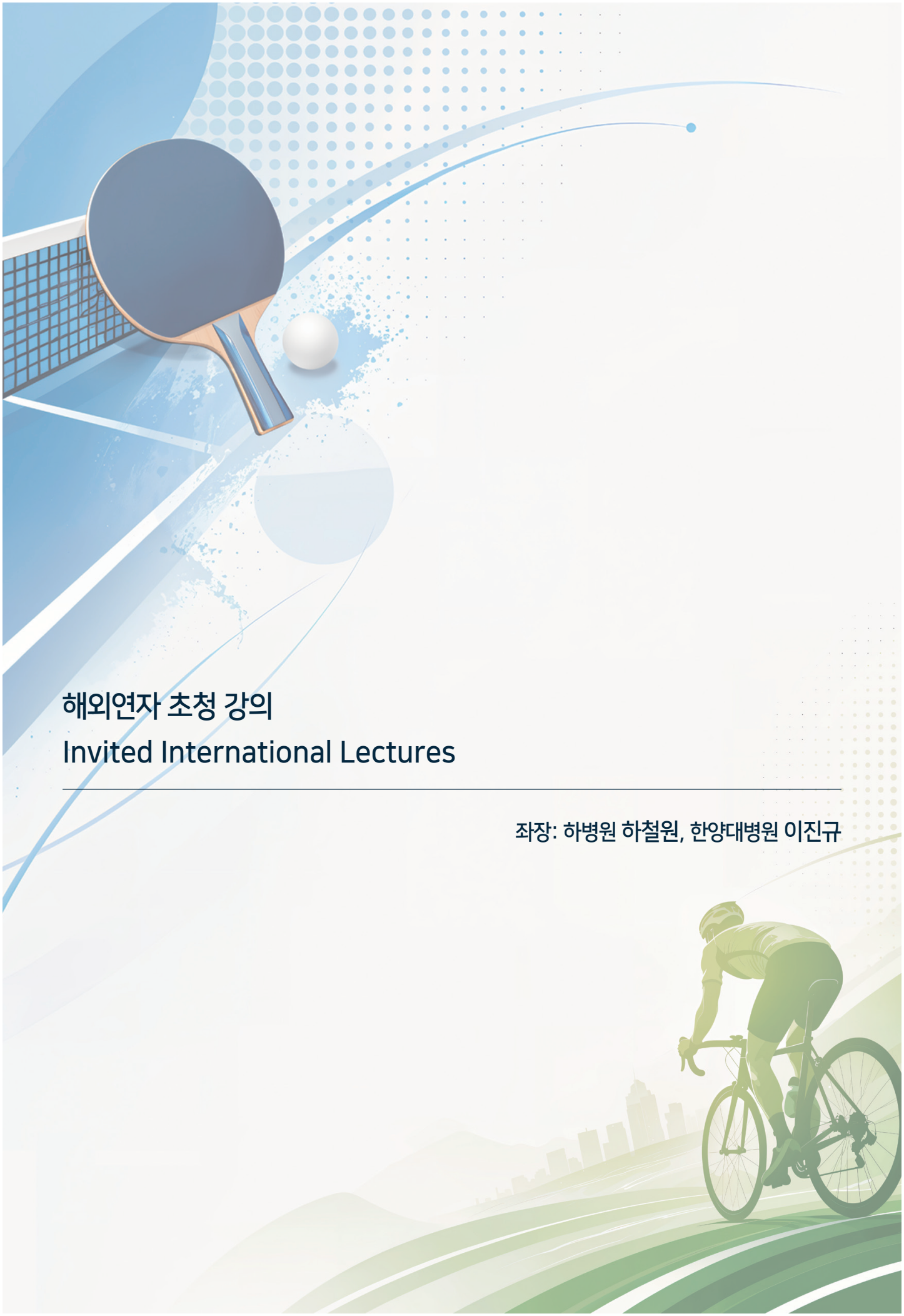
Summary

❖ 운동은 골다공증의 매우 효율적인 관리 방법

❖ 나이·질환에 맞는 표준화 검사와 약물 치료

❖ 다각적 관리가 고령 운동인 골밀도 관리의 핵심





해외연자 초청 강의
Invited International Lectures

좌장: 하병원 하철원, 한양대병원 이진규

Hideyuki Koga, MD PhD

EDUCATION

Tokyo Medical and Dental University, Japan

Medical school: 1993-1999, graduated in 1999, Degree: MD. 1999

Graduate school: 2004-2008, graduated in 2008, Degree: PhD. 2008. Thesis; Cartilage regeneration with synovium-derived mesenchymal stem cells. Advisor: Takeshi Muneta, MD, PhD.

PROFESSIONAL EXPERIENCE

Medical license (MD, license number: 402720), May 1999.

Dept. of Orthopedic Surgery, Tokyo Medical and Dental University, Japan, May 1999 to September 1999.

Dept. of Orthopedic Surgery, Kudanzaka Hospital, Tokyo, Japan, October 1999 to December 1999.

Dept. of Anesthesiology, Tokyo Medical and Dental University, Japan, January 2000 to June 2000.

Dept. of Orthopedic Surgery, Kawaguchi Kogyo General Hospital, Saitama, Japan, July 2000 to March 2001.

Dept. of Orthopedic Surgery, Saku General Hospital, Nagano, Japan, April 2001 to March 2002.

Dept. of Orthopedic Surgery, Japanese Foundation for Cancer Research, Cancer Institute Hospital, Tokyo, Japan, April 2002 to May 2003.

Dept. of Orthopedic Surgery, Douai Memorial Hospital, Tokyo, Japan, June 2003 to May 2004.

Section of Orthopedic Surgery, Graduate School, Tokyo Medical and Dental University, Tokyo, Japan, June 2004 to March 2008.

Dept. of Orthopedic Surgery, Kawaguchi Kogyo General Hospital, Saitama, Japan, April 2007 to April 2008.

Oslo Sports Trauma Research Center, Norwegian School of Sport Sciences, Oslo, Norway, May 2008 to June 2010.

Assistant professor, Dept. of Cartilage regeneration, Tokyo Medical and Dental University, Tokyo, Japan, July 2010 to March 2012.

Assistant professor, Dept. of Joint Surgery and Sports Medicine, Tokyo Medical and Dental University, Tokyo, Japan, April 2012 to March 2016.

Junior associate professor, Dept. of Joint Surgery and Sports Medicine, Tokyo Medical and Dental University, Tokyo, Japan, April 2016 to March 2017.

Associate professor, Dept. of Joint Surgery and Sports Medicine, Tokyo Medical and Dental University, Tokyo, Japan, April 2017 to April 2020.

Professor, Dept. of Joint Surgery and Sports Medicine, Tokyo Medical and Dental University, Tokyo, Japan, May 2020 to September 2024.

Professor, Dept. of Joint Surgery and Sports Medicine, Institute of Science Tokyo, Tokyo, Japan, Oct

2020 to present.

Member of medical committee, Ski Association of Japan, April 2011 to present.
Member of medical committee, International Ski Federation, June 2011 to May 2020.
Member of scientific committee, IOC World Conference Prevention of Injury and Illness in Sport, July 2018 to present.
Member of program committee, ACL Study Group, May 2020 to present.
Member of Academic Advisory Board, IOC Diploma in Sports Medicine, August 2020 to present
Member of Scientific Committee, ISAKOS, October 2021 to present
Board member and director of international committee, Japan Sports Orthopaedic Association (JSOA), June 2023 to present
Board member of Asia-Pacific Knee, Arthroscopy, Arthroplasty, Shoulder and Sports Medicine Society (APKASS), June 2023 to present
Board member and director of international committee, The Japanese Knee Society (JKS), June 2023 to present
Member of Scientific committee, ESSKA, September 2024 to present
Board of Directors, Members At Large, ISAKOS, June 2025 to present

CONFLICT OF INTEREST

I have no financial conflicts to disclose.

MAIN ACHIEVEMENTS

1. ACL injury prevention

   I have been doing research regarding ACL injury mechanisms and its prevention since 2008 when I was in Norway, working with Profs. Lars Engebretsen and Roald Bahr, Oslo Sports Trauma Research Center. I clarified ACL injury mechanisms first in the world by video analysis, using a model-based matching technique. I am still working on some research projects regarding ACL injury prevention.

2. ACL reconstruction

   Since 2010 after back to Japan, I have also been doing many double-bundle ACL reconstructions at Tokyo Medical and Dental University. I have done and am doing many clinical and biomechanical research regarding ACL reconstruction.

3. Joint preservation (meniscus preservation and around-the-knee osteotomy)

   Another hot topic now is meniscus preservation. I have developed a new surgical procedure called arthroscopic centralization to reduce/prevent meniscus extrusion. Currently I am applying this technique, combined with around-the-knee osteotomy, to OA knees to reconstruct knee function, hopefully to prevent progression of OA and consequently to reduce the number of patients with severe OA who require knee arthroplasty.

AWARDS

11th Rheumatoid Arthritis Forum, best paper award, January 2007.

Uehara Memorial Foundation, postdoctoral fellowship, 2008.

Mitsukoshi Health and Welfare Foundation, international research fellowship, 2008.

Norwegian Congress of Sports Medicine, Nycomed Pharma Award (best paper award), November 2009.

Japan Society for the Promotion of Science, Grants-in-Aid for Scientific Research, Scientific Research (C), 2015

Japan Sports Medicine Foundation, Research Grant, 2015

JOSKAS outstanding young investigator award, 2016

JOSKAS-SIGASCOT travelling fellowship, September - October 2016

Japan Society for the Promotion of Science, Grants-in-Aid for Scientific Research, Scientific Research (C), 2018

Journal of ISAKOS Best Article Award, 2021

Japan Society for the Promotion of Science, Grants-in-Aid for Scientific Research, Scientific Research (C), 2022

Annals of Joint Outstanding Authors, 2022

Japan Society for the Promotion of Science, Grants-in-Aid for Scientific Research, Scientific Research (C), 2025

EDITORIAL BOARD

Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy

Journal of Orthopaedic Science

Annals of Joint

Associate editor, Asia-Pacific Journal of Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation and Technology

Knee Surgery & Related Research

REVIEWERS

Principal reviewer, American Journal of Sports Medicine

Clinical Orthopaedics and Related Research

The knee

Journal of ISAKOS

MEMBERSHIP OF INTERNATIONAL ACADEMIC SOSIETY

International Society of Arthroscopy, Knee Surgery and Orthopaedic Sports Medicine (ISAKOS)

European Society for Sports Traumatology, Knee Surgery and Arthroscopy (ESSKA)

Orthopaedic Research Society (ORS)

Asia-Pacific Knee, Arthroscopy and Sports Medicine Society (APKASS)

American Orthopaedic Society for Sports Medicine (AOSSM)
ACL Study Group
IOC World Conference Prevention of Injury and Illness in Sport
American Orthopaedic Society of Sports Medicine (AOSSM)

I, Koga H. Decision regret following opening wedge high tibial osteotomy: Older age as a risk factor. Knee. 2023;43:62-69.

Ohji S, Aizawa J, Hirohata K, Ohmi T, Mitomo S, Koga H, Yagishita K. Association between landing biomechanics, knee pain, and kinesiophobia in athletes following anterior cruciate ligament reconstruction: A cross-sectional study. PM & R : the journal of injury, function, and rehabilitation. 2023;15(5):552-562.

Murofushi K, Yamaguchi D, Kaneoka K, Oshikawa T, Katagiri H, Hirohata K, Furuya H, Mitomo S, Koga H, Yagishita K. The effectiveness of corrective exercises on the KOJI AWARENESS score and activity-related pain intensity. J Med Invest. 2023;70(1.2):208-212.

※Nakagawa Y, Tsuji K, Nakamura T, Katagiri H, Ozeki N, Shioda M, An JS, Yoshida R, Sekiya I, Koga H. Association of Infrapatellar Fat Pad Fibrosis at 3 Months After ACL Reconstruction With Short-term Clinical Outcomes and Inflammatory Cytokine Levels in the Synovial Fluid. Orthop J Sports Med. 2023;11(4):23259671231164122.

※Katagiri H, Nakagawa Y, Miyatake K, Ozeki N, Kohno Y, Amemiya M, Sekiya I, Koga H. Comparison of Clinical Outcomes after Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction using a Bone-patellar Tendon-bone Autograft and that Using a Double-Bundle Hamstring Tendon Autograft. The journal of knee surgery. 2023;36(6):613-621.

Sato K, Sato A, Okuda N, Masaaki M, Koga H. A propensity score-matched comparison between Mako robotic arm-assisted system and conventional technique in total hip arthroplasty for patients with osteoarthritis secondary to developmental dysplasia of the hip. Arch Orthop Trauma Surg. 2023;143(5):2755-2761.

Ozeki N, Koga H, Nakagawa Y, Katagiri H, Katano H, Tomita M, Masumoto J, Sekiya I. Association between knee cartilage thickness determined by magnetic resonance imaging three-dimensional analysis and the International Cartilage Repair Society (ICRS) arthroscopic grade. Knee. 2023;42:90-98.

Ozeki N, Mizuno M, Yanada S, Okada T, Kubota R, Kushida Y, Furuoka H, Endo K, Katano H, Nakamura

K, Ohya S, Koga H, Sekiya I. Autologous Synovial Mesenchymal Stem Cell Transplantation Suppresses Inflammation Caused by Synovial Harvesting and Promotes Healing in a Micro Minipig Repaired Meniscus Model. Transplant Proc. 2023;55(2):470-480.

※Katagiri H, Nakagawa Y, Miyatake K, Ohara T, Shioda M, Sekiya I, Koga H. Short-Term Outcomes after High Tibial Osteotomy Aimed at Neutral Alignment Combined with Arthroscopic Centralization of Medial Meniscus in Osteoarthritis Patients. The journal of knee surgery. 2023;36(3):261-268.

Ariga A, Kohno Y, Nakagawa Y, Watanabe T, Katagiri H, Ohara T, Shioda M, Ozeki N, Amemiya M, Okawa A, Sekiya I, Koga H. Simultaneous bilateral total knee arthroplasty is safe and effective for patients in different ages. J Orthop Sci. 2023;28(1):173-179.

Mitomo S, Aizawa J, Hirohata K, Ohji S, Ohmi T, Ohara T, Koga H, Yagishita K. Association Between Knee Extension Strength at 3 and 6 Months After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. Journal of sport rehabilitation. 2023;32(1):76-84.

Yamamoto N, Takada R, Jinno T, Miyatake K, Watanabe N, Koga H, Yoshii T, Yagishita K, Okawa A. Wear rate and osteolysis in two types of second-generation annealed highly cross-linked polyethylene in total hip arthroplasty: A retrospective comparative study with a minimum of five years. Orthopaedics & traumatology, surgery & research : OTSR. 2023;109(1):103147.

2022

Miyatake K, Katagiri H, Takada R, HIrao M, Watanabe N, Okawa A, Koga H, Jinno T. Acute femoral artery dissection during anterolateral approach in supine position for a total hip arthroplasty: A case report and literature review. JOS Case Reports. 2022;1(1):15-19

※Katagiri H, Forster BB, Engebretsen L, An JS, Adachi T, Saida Y, Onishi K, Koga H. Epidemiology of MRI-detected muscle injury in athletes participating in the Tokyo 2020 Olympic Games. Br J Sports Med. 2022;57(4):218-224.

Wakayama T, Saita Y, Nagao M, Uchino S, Yoshihara SI, Tsuji K, Koga H, Kobayashi Y, Nishio H, Momoi Y, Ikeda H, Kaneko K, Ishijima M. Intra-Articular Injections of the Adipose-Derived Mesenchymal Stem Cells Suppress Progression of a Mouse Traumatic Knee Osteoarthritis Model. Cartilage. 2022;13(4):148-156.

Ohji S, Aizawa J, Hirohata K, Ohmi T, Mitomo S, Koga H, Yagishita K. Changes in subjective knee function and psychological status from preoperation to 6 months post anterior cruciate ligament reconstruction. J Exp Orthop. 2022;9(1):114.

○Koga H, Nakamura T, Nakagawa Y, Ozeki N, Hoshino T, Amemiya M, Sekiya I. Simultaneous Correction of Varus Deformity and Posterior Tibial Slope by Modified Hybrid Closed-Wedge High Tibial Osteotomy. Arthrosc Tech. 2022;11(11):e2081-e2089.

Watanabe N, Miyatake K, Takada R, Ogawa T, Amano Y, Jinno T, Koga H, Yoshii T, Okawa A. The prevalence and treatment of osteoporosis in patients undergoing total hip arthroplasty and the levels of biochemical markers of bone turnover. Bone Joint Res. 2022;11(12):873-880.

Fujii S, Endo K, Ozeki N, Sakamaki Y, Kohno Y, Mizuno M, Katano H, Tsuji K, Koga H, Sekiya I. Comparison of adhesion of thawed and cultured synovial mesenchymal stem cells to the porcine meniscus and the relevance of cell surface microspikes. BMC Mol Cell Biol. 2022;23(1):53.

Murofushi K, Yamaguchi D, Katagiri H, Hirohata K, Furuya H, Mitomo S, Oshikawa T, Kaneoka K, Koga H, Yagishita K. Validity of the KOJI AWARENESS self-screening test for body movement and comparison with functional movement screening. PLoS One. 2022;17(12):e0277167.

Tanimoto T, Endo K, Sakamaki Y, Ozeki N, Katano H, Mizuno M, Koga H, Sekiya I. Human synovial mesenchymal stem cells show time-dependent morphological changes and increased adhesion to degenerated porcine cartilage. Sci Rep. 2022;12(1):16619.

※Katagiri H, Shioda M, Nakagawa Y, Ohara T, Ozeki N, Nakamura T, Sekiya I, Koga H. Risk Factors Affecting Return to Sports and Patient-Reported Outcomes After Opening-Wedge High Tibial Osteotomy in Active Patients. Orthop J Sports Med. 2022;10(9):23259671221118836.

Murofushi K, Yamaguchi D, Katagiri H, Hirohata K, Furuya H, Mitomo S, Oshikawa T, Kaneoka K, Koga H. The relationship between movement self-screening scores and pain intensity during daily training. J Med Invest. 2022;69(3.4):204-216.

Isono M, Takeuchi J, Maehara A, Nakagawa Y, Katagiri H, Miyatake K, Sekiya I, Koga H, Asou Y, Tsuji K. Effect of CD44 signal axis in the gain of mesenchymal stem cell surface antigens from synovial fibroblasts in vitro. Heliyon. 2022;8(10):e10739.

Watanabe N, Takada R, Ogawa T, Miyatake K, Hirao M, Hoshino C, Jinno T, Koga H, Yoshii T, Okawa A. Short stature and short distance between the anterior acetabular rim to the femoral nerve are risk factors for femoral nerve palsy following primary total hip arthroplasty using the modified Watson-Jones approach. Orthop Traumatol Surg Res. 2022;108(6):103351.

※Nakagawa Y, Ozeki N, Koga H. A narrative review of lateral meniscus root tears and extrusion:

techniques and outcomes. Annals of Joint. 2022;7:15.

Sekiya I, Sasaki S, Miura Y, Aoki H, Katano H, Okanouchi N, Tomita M, Masumoto J, Koga H, Ozeki N. Medial Tibial Osteophyte Width Strongly Reflects Medial Meniscus Extrusion Distance and Medial Joint Space Width Moderately Reflects Cartilage Thickness in Knee Radiographs. J Magn Reson Imaging. 2022;56(3):824-834.

Sekiya I, Koga H, Katano H, Mizuno M, Kohno Y, Otabe K, Ozeki N. Second-look arthroscopy after meniscus repair and synovial mesenchymal stem cell transplantation to treat degenerative flaps and radial tears of the medial meniscus: A case report. J Orthop Sci. 2022;27(4):821-834.

Adachi T, Katagiri H, An JS, Engebretsen L, Tateishi U, Saida Y, Koga H, Yagishita K, Onishi K, Forster BB. Imaging-detected bone stress injuries at the Tokyo 2020 summer Olympics: epidemiology, injury onset, and competition withdrawal rate. BMC Musculoskelet Disord. 2022;23(1):763.

Hirohata K, Aizawa J, Ohmi T, Ohji S, Mitomo S, Ohara T, Koga H, Yagishita K, Jinno T, Okawa A. Reactive strength index during single-limb vertical continuous jumps after anterior cruciate ligament reconstruction: cross-sectional study. BMC Sports Sci Med Rehabil. 2022;14(1):150.

Aizawa J, Hirohata K, Ohji S, Ohmi T, Mitomo S, Koga H, Yagishita K. Cross-sectional study on relationships between physical function and psychological readiness to return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction. BMC Sports Sci Med Rehabil. 2022;14(1):97.

Tang G, Asou Y, Matsumura E, Nakagawa Y, Miyatake K, Katagiri H, Nakamura T, Koga H, Komori K, Sekiya I, Ezura Y, Tsuji K. Short cytoplasmic isoform of IL1R1/CD121a mediates IL1β induced proliferation of synovium-derived mesenchymal stem/stromal cells through ERK1/2 pathway. Heliyon. 2022;8(5):e09476

※Ozeki N, Koga H, Nakamura T, Nakagawa Y, Ohara T, An JS, Sekiya I. Ultrasound-Assisted Arthroscopic All-Inside Repair Technique for Posterior Lateral Meniscus Tear. Arthrosc Tech. 2022;11(5):e929-e935.

Kohno Y, Koga H, Ozeki N, Matsuda J, Mizuno M, Katano H, Sekiya I. Biomechanical analysis of a centralization procedure for extruded lateral meniscus after meniscectomy in porcine knee joints. J Orthop Res. 2022;40(5):1097-1103.

※Hoshino T, Nakagawa Y, Inomata K, Ohara T, Katagiri H, Otabe K, Hiyama K, Katagiri K, Katakura M, Ueki H, Hayashi M, Nagase T, Sekiya I, Ogiuchi T, Muneta T, Koga H. Effects of different surgical procedures for meniscus injury on two-year clinical and radiological outcomes after anterior cruciate

ligament reconstructions. -TMDU MAKS study. J Orthop Sci. 2022;27(1):199-206.

Mizuno M, Matsuzaki T, Ozeki N, Katano H, Koga H, Takebe T, Yoshikawa HY, Sekiya I. Cell membrane fluidity and ROS resistance define DMSO tolerance of cryopreserved synovial MSCs and HUVECs. Stem Cell Res Ther. 2022;13(1):177.

Hisashi K, Muneta T, Kohno Y, Sasaki M, Yamazaki J, Hayashi H, Koga H, Morito T. MRI study of medial meniscus degeneration of osteoarthritic knees with or without posterior root tear. J Exp Orthop. 2022;9(1):38.

※Ozeki N, Koga H, Sekiya I. Degenerative Meniscus in Knee Osteoarthritis: From Pathology to Treatment. Life (Basel). 2022;12(4):603.

※Ozeki N, Koga H, Nakamura T, Nakagawa Y, Ohara T, Kohno Y, Sekiya I. Surgical Repair of Symptomatic Wrisberg Variant Discoid Lateral Meniscus with Pull-Out Repair and Capsulodesis. Arthrosc Tech. 2022;11(1):e61-e68.

Takada R, Jinno T, Miyatake K, Watanabe N, Koga H, Yoshii T, Okawa A. Difference in tapered wedge stem alignment between supine and lateral position in cementless total hip arthroplasty via modified Watson-Jones anterolateral approach. Eur J Orthop Surg Traumatol. 2022;32(3):497-503.

Noda S, Hosoya T, Komiya Y, Tagawa Y, Endo K, Komori K, Koga H, Takahara Y, Sugimoto K, Sekiya I, Saito T, Mizoguchi F, Yasuda S. CD34(+)THY1(+) synovial fibroblast subset in arthritic joints has high osteoblastic and chondrogenic potentials in vitro. Arthritis Res Ther. 2022;24(1):45.

Miura Y, Ozeki N, Katano H, Aoki H, Okanouchi N, Tomita M, Masumoto J, Koga H, Sekiya I. Difference in the joint space of the medial knee compartment between full extension and Rosenberg weight-bearing radiographs. Eur Radiol. 2022;32(3):1429-1437.

Kohno Y, Mizuno M, Endo K, Ozeki N, Katano H, Matsumoto M, Kaneko H, Takazawa Y, Koga H, Sekiya I. Yields of mesenchymal stromal cells from synovial fluid reflect those from synovium in patients with rheumatoid arthritis. Tissue Cell. 2022;75:101727.

Katano H, Ozeki N, Koga H, Tomita M, Suzuki K, Masumoto J, Sekiya I. Three-dimensional MRI shows cartilage defect extension with no separation from the meniscus in women in their 70 s with knee osteoarthritis. Sci Rep. 2022;12(1):4198.

INTERNATIONAL LECTURES AND SYMPOSIUMS

Koga H. Solutions on meniscus tear repair. APKASS, Hainan, China, 2024.10.24-27

Koga H. Meniscus centralization. APKASS, Hainan, China, 2024.10.24-27

Koga H. How to manage lateral meniscus posterior root tear with ACL injury, APKASS ACL consensus meeting, Hong Kong, 2024.10.24

Koga H. Meniscal centralization -Solution to reduce extrusion- Advance in Knee Arthroscopy and Sports Medicine, Hanoi, Vietnam, 2024.10.11-12

Koga H. Role of lateral meniscus for ACL reconstruction. 44th Annual International Congress of the Korean Arthroscopy Society, Seoul, Korea, 2024.10.5-6

Koga H. Root or Extrusion: What came First? Orthopaedic Technology & Innovation Forum, Sydney, Australia, 2024.9.6-7

Koga H. Meniscal Centralization: Tips for Success. Orthopaedic Technology & Innovation Forum, Sydney, Australia, 2024.9.6-7

Koga H. ISAKOS JSOA Combined program: case-based discussion, 2nd Japan Sports Orthopaedic Association Congress, Tokyo, Japan, 2024.9.12-13

Koga H. Root and extrusion. Orthopaedic Technology & Innovation Forum, Sydney, Australia, 2024.9.6-7

Koga H. Complex meniscus repair. Orthopaedic Technology & Innovation Forum, Sydney, Australia, 2024.9.6-7

Koga H. Pardon the innovation: Optimal strategies for ACL surgery. Orthopaedic Technology & Innovation Forum, Sydney, Australia, 2024.9.6-7

Koga H. Gruelling knee cases. Orthopaedic Technology & Innovation Forum, Sydney, Australia, 2024.9.6-7

Koga H. Meniscus centralization: tips and tricks. TOSSM-JSOA combined meeting 2024, Pattaya, Thailand, 2024.7.4-6

Koga H. ACL mechanisms based on video analysis. TOSSM-JSOA combined meeting 2024, Pattaya, Thailand, 2024.7.4-6

Koga H. How to treat meniscus injuries in athletes. TOSSM-JSOA combined meeting 2024, Pattaya, Thailand, 2024.7.4-6

Koga H. ACL injury mechanisms - lessons learned from video analyses. Croucher Advances in Sports Biomechanics Summer Course, Hong Kong, 2024.7.22-26

Koga H. Combination of AKO aimed at neutral alignment and preservation of meniscus function. 3rd Japan Knee Osteotomy and Joint Preservation Society Congress, Takamatsu, Japan, 2024.4.19-20

Koga H. Repair of root tears. GOTS webinar serie, webinar, 2024.4.11

Koga H. Surgical Centralization of the Lateral Meniscus to Prevent the Articular Cartilage from Early OA Changes. 70th ORS, Long Beach, USA, February 2024

Koga H. Additional Centralization Procedure Further Controls Pivot Shift After ACL Reconstruction and Lateral Meniscus Repair. ACL Study Group Meeting, Niseko, Japan, January 2024

Koga H. Innovation of treatment for meniscus injury, 1st Annual Congress of The Japanese Knee Society, Yokohama, Japan, December 2023

Koga H. Meniscal centralization. 67th Korean Orthopaedic Association Annual Meeting, Seoul, Korea, October 2023

Koga H. Management of MMPRT with extrusion using centralization. 1st The Asian Meniscus Summit, Seoul, Korea, October 2023

Koga H. How to improve root repair? 1st The Asian Meniscus Summit, Seoul, Korea, October 2023

Koga H. Meniscus centralization -Solution to reduce meniscus extrusion-. 40th AGA Congress, Berlin, Germany, September 2023

Koga H. Medial Meniscus preservation strategies in knee osteotomies. Aix-Marseille university Ground Round, Marseilles, France, September 2023

Koga H. How do we improve meniscus repair? 17th International Cartilage Research Society World Congress, Barcelona, Spain, September 2023

Koga H. FiberStitch & Meniscal Centralization. Arthrex Innovation Summit, Singapore, July 2023

Koga H. Meniscal Centralization, Root repair and complex meniscal pathologies, Arthrex Medical Education Program-Knee, Singapore, May 2023

Koga H. ACL injury mechanisms-lessons learned from video analyses, Sports Biomechanics Research Summit, Hong Kong, April 2023

Koga H. How to deal with meniscus extrusion, 16th International Workshop on Osteoarthritis Imaging, Tokyo, Japan, July 2022.

Koga H. MRI signs for lateral meniscus posterior root tears in ACL injuries, 5th International conference on meniscus sience and surgery, Luxembourg, July 2022.

Koga H. The concept of meniscus centralization: technique and early results, 5th International conference on meniscus sience and surgery, Luxembourg, July 2022.

Koga H. Root tears of the medial meniscus: the Asian perspective, 5th International conference on meniscus sience and surgery, Luxembourg, July 2022.

Koga H. Meniscus centralization, Advanced Knee program, Singapore (web), July 2022.

Koga H. Treatment strategy for meniscus extrusion, 95th Annual Meeting of JOA, Kobe, Japan, May 2022.

Koga H. How to preserve meniscal function, 95th Annual Meeting of JOA, Kobe, Japan, May 2022.

Koga H. Let's save the lateral meniscus -How to deal with complex tears: root and extrusion-. 20th ESSKA, Paris, France, April 2022.

Koga H. Meniscus centralization. Advanced Knee Program -Exploring the Knee-, Singapore (web), April 2022.

Koga H. Arthroscopic centralization of the meniscus. 3rd International Knee Day, Webinar, March 2022.

Koga H. All about the meniscus: Degenerative tears. 13th SLARD (Latin American Society of Arthroscopy, Knee and Sport) International Congress, Cartagena de Indias, Colombia (web), March 2022.

Koga H. Round table Case-based discussion. Japanese Knee Osteotomy & Joint Preservation meeting, Kobe, Japan, December 2021.

Koga H. How I treat a degenerative menisucs tear. Singapore Orthopaedic Association meeting,

Singapore (web), December 2021.

Koga H. Meniscus centralization. EU Arthrex webinar, Webinar, December 2021.

Koga H. The Tibial Slope in ACL Deficient Knees -The State of the Art- How I do it? – asymmetric and hybrid closing –ESSKA Core Curriculum Webinar, webinar, November 2021.

Koga H. Meniscus centralization. Malaysian Arthroscopy Society meeting, Malaysia (web), October 2021.

Koga H. Meniscus preservation. Taiwan JuggerStitch seminar, webinar, July 2021.

Koga H. Treatment strategies for MMPRT -pull out repair + centralization augmentation. SMC Knee Arthroscopy Cadaver Workshop, webinar, June 2021.

Koga H. Ramp lesions –Which lesions I fix and how. 19th ESSKA, webinar, May 2021.

Koga H. Meniscus -how to preserve? 2nd International Knee Day, webinar, March 2021.

Koga H. Meniscus centralization. 2nd International Knee Day, webinar, March 2021.

Koga H. Practice change over time: MENISCECTOMY VS PEPAIR: A Japanese point of view. The Meniscus webinar, January 2021.

Koga H. Concept of meniscal repair. Zimmer Biomet Times vol. 33, November 2020.

Koga H. Cases sharing, discussion and experiences with JuggerStitch™ in Japan. Case Experience sharing and discussion with JuggerStitch™ webinar, October 2020.

Koga H. Meniscal Repair Part II: Radial tear. 2020 Knee Webinar, April 2020.

Koga H. Knee joint preservation surgery: Minimum correction HTO + centralization of medial meniscus. 1st Knee Surgery Symposium, Seoul, Korea, November 2019.

Koga H. Centralization of medial meniscus. 12th Murup Hospital Live Surgery, Busan, Korea, November 2019.

Koga H. ACL injury mechanisms and its prevention. Taiwan Academy of Sports Medicine & TMDU seminar, Tokyo, Japan, October 2019.

Koga H. Patellar tendinopathy –Does surgery work?- . 11th IOC advanced team physician course, Tokyo, Japan, July 2019.

Koga H. Arthroscopic centralization for extruded meniscus. 11th JOSKAS, Sapporo, Japan, June 2019.

Koga H. Arthroscopic centralization. 11th JOSKAS, Sapporo, Japan, June 2019.

Koga H. Root tears: Treatment with meniscal centralization. 4th The meniscus, Bologna, Italy, January 2019.

Koga H. Centralization of medial meniscus (live surgery). 11th Murup Hospital Live Surgery, Busan, Korea, November 2018.

Koga H. Treatment strategy for meniscus extrusion to preserve meniscal function. 62nd Korean Orthopaedic Association Annual Meeting. Seoul, Korea, October 2018.

Koga H. How to eliminate residual instability in ACLR - Rotational instability and Meniscus -. 10th JOSKAS, Fukuoka, Japan, June 2018.

Koga H. Meniscus repair up to date -Treatment strategy for meniscus extrusion-. 10th JOSKAS, Fukuoka, Japan, June 2018.

Koga H. Restoring knee joint function by preserving meniscus function. 10th JOSKAS, Fukuoka, Japan, June 2018.

Koga H. In order to restore knee function - ACL and meniscus - Taos Orthopaedic Institute Meeting. Taos, USA, January 2018.

Koga H. In order to restore knee function - ACL and meniscus - University of Pittsburgh Sports Meeting. Pittsburgh, USA, January 2018.

Koga H. ACL Injury Mechanisms / Restoration of Meniscus Function. Hospital for Special Surgery Orthopaedic Soft Tissue Research Meeting. New York, USA, January 2018.

Koga H. Quantitative Evaluation of Pivot Shift in Double-bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using Triaxial Accelerometer; Identifying Optimal Conditions to Restore Anterolateral Rotational Stability. 61th Korean Orthopaedic Association Annual Meeting. Seoul, Korea, October 2017.

Koga H. Arthroscopic Centralization of an Extruded Meniscus and Its Application to Knee Osteoarthritis to Restore Knee Function. 9th JOSKAS, Sapporo, Japan, June 2017.

Koga H. Report of JOSKAS-SIGASCOT Fellowship 2016. 9th JOSKAS, Sapporo, Japan, June 2017.

Koga H. ACL injury mechanisms and its prevention in basketball and handball. Presented in the Symposium: Sports-specific ACL injury mechanisms and its implication for prevention. IOC World Conference on Prevention of Injury & Illness in Sport, Monaco, March 2017.

Koga H. Preventive measures for ACL injury based on its mechanisms in FIS World Cup alpine skiing. Symposium on skiing injuries and safety, Seoul, Korea, November 2016.

Koga H. ACL injury Mechanism -video analysis-. 17th ESSKA, Barcelona, Spain, May 2016.

Koga H. Mechanisms of ACL injuries in handball. New Sports Medicine Concepts in Handball, Doha, Qatar, January 2015.

Koga H, Muneta T, Ohkawa A, Engebretsen L, Bahr R, Krosshaug T. ACL injury mechanism and its prevention. 87th Annual Meeting of JOA, Kobe, Japan, May 2014.

Koga H, Krosshaug T. ACL INJURY PREVENTION: THE MECHANISM OF ACL INJURY AND ITS PREVENTION; one injury mechanism in one sport. 9th Biennial ISAKOS Congress, Tronto, Canada, May 2013.

Koga H, Krosshaug T. ACL INJURY PREVENTION: THE MECHANISM OF ACL INJURY AND ITS PREVENTION; another injury mechanism in skiing. 9th Biennial ISAKOS Congress, Tronto, Canada, May 2013.

Koga H. A new hypothesis for ACL injury mechanisms -based on video analysis using model-based image-matching technique. Sports Injury Prevention Forum, Tokyo, Japan, February 2012.

Koga H. A new hypothesis for ACL injury mechanisms, based on video analysis. Presented in the Symposium: Solving the mystery of non-contact ACL injuries - how do they happen? IOC World Conference on Prevention of Injury & Illness in Sport, Monaco, April 2011.

Koga H, Muneta T, Sekiya I. Effect of graft fixation angles on knee kinematics, graft tension curves and load sharing in double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. International Symposium on Li

How to Manage ACL Injury
- from Prevention to Surgical Treatment

JSCSM Godfather / JSOA President
Hideyuki Koga, MD PhD

Norimasa Nakamura, MD PhD

Membership

Japanese Orthopaedic Association
Japanese Arthroscopy Association
Japanese Orthopaedic Society for Sports Medicine
Japanese Knee Society
The International Society of Arthroscopy, Knee Surgery and Orthpaedic Sports Medicine (ISAKOS)
International Cartilage Repair Society (ICRS)
Royal College of Surgeons (England)

EDUCATION

1982-1988	Osaka University Medical School

POSTGRDUATE RESEARCH CAREER

1990-1994	Osaka University Graduated School of Medicine, PhD
1996-1999	POSTDOCTORAL FELLOWSHIP
	Dr. Cy Frank, McCaig Centre for Joint Injury and Arthritis Research, University of Calgary

POSTGRADUATE CLINICAL CAREER

1988-90	Orthopaedic Resident, Osaka University Hospital
1994-95	Orthopaedic Fellow, Osaka University Hospital
1995-96	Assistant Professor in Orthopaedic Surgery, Osaka University
	(Orthopaedic Sports Medicine)
1999-2002	Orthopaedic Surgeon
	Department of Orthopaedic Surgery, Osaka Rosai Hospital, Osaka
	Assistant Professor in Orthopaedic Surgery, Osaka University
	Medical Center for Translational Research, Osaka University Hospital
2007-	Associate Professor in Orthopaedic Surgery, Osaka University
2009-	Professor, Institute for Medical Science in Sports, Osaka Health Science University
	Invited Professor, the Center for Advanced Medical Engineering and Informatics,
	Osaka University
2013	Fellow of Royal College of Surgeons (FRCS) (England) ad eundem
2015	Guest Professor, Department of Orthpaedic Surgery, Hokkaido University Graduate
	Schoolof Medicine
2018	Guest Professor, Department of Orthopaedic Sports Medicine, Peking University, China

ACADEMIC ACTIVITIES

2021.11～ ISAKOS (International Society of Arthroscopy, Knee Surgery and Orthopaedic Sports Medicine) Executive Committee (Consultant)

2023.6～ ISAKOS (International Society of Arthroscopy, Knee Surgery and Orthopaedic Sports Medicine) Chair: Journal of ISAKOS Board of Trustees

2022.1～ ISAKOS (International Society of Arthroscopy, Knee Surgery and Orthopaedic Sports Medicine) Deputy Chair: Biological Task Force

2021.11～ ISAKOS (International Society of Arthroscopy, Knee Surgery and Orthopaedic Sports Medicine) Past chair: Publication committee

2019.6～2021.11 ISAKOS (International Society of Arthroscopy, Knee Surgery and Orthopaedic Sports Medicine) Chair, Publication Committee

2016～2017 ICRS (International Cartilage Repair Society) Past President

2015.5～2016.9 ICRS (International Cartilage Repair Society) The President

2013.9～2015.5 ICRS (International Cartilage Repair Society) Executive Board (Vice President)

2010.9～ ICRS (International Cartilage Repair Society) Executive Board (Secretary General)

2016. The Bone and Joint Decade A Framework to Evaluate Musculoskeletal Models of Care International Contributor

2009.3～2013.5 ISAKOS (International Society of Arthroscopy, Knee Surgery and Orthopaedic Sports Medicine) Board of Directors (Members at Large)

2015.6～ ISAKOS (International Society of Arthroscopy, Knee Surgery and Orthopaedic Sports Medicine) Past Chair, Scientific Committee

2013.5～2015.6 ISAKOS (International Society of Arthroscopy, Knee Surgery and Orthopaedic Sports Medicine) Chair, Scientific Committee

2009.3～ ISAKOS (International Society of Arthroscopy, Knee Surgery and Orthopaedic Sports Medicine) Program Committee

2023.6～ Japan Sports Orthopaedic Association Vice president

2023.6～ Japanese Knee Society Executive Board

2009.6～ Japanese Orthopaedic Society of Knee, Arthroscopy & Sports Medicine General Board

2018.6～ Japanese Orthopaedic Society of Knee, Arthroscopy & Sports Medicine Executive Board

2019.7～ American Journal of Sports Medicine (Editor: Bruce Reider) Editorial Board

2009. 12 ～ Cartilage (Editor:Mats Brittberg) Editorial Board

2013.11～ Journal of Experimental Orthopaedics (Editor:Stefano Zaffagnini) Editorial Board

2015.3～ Journal of ISAKOS (Editor:Niek Van Dike) Editorial Board

2020.4～ Journal of ISAKOS Board of Trustees

2008.4～ Journal of Orthopaedic Science (Editor:Takashi Nakamura) Editorial Board

2016.1～ Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma Editorial Board

2016.10～ Annals of Joint Editorial Board

2009.4~ American Journal of Sports Medicine (Editor: Bruce Reider) Principal Reviewer

2009.4~ Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy (Editor: Jon Karlsson) Reviewer

2015.3~ New England Journal of Medicine (Editor-in-Chief: Jeffrey M. Drazen) Reviewer

2008.1~ Biomaterials (Editor: David F Williams) Reviewer

2016.4~ Acta Biomareria (Editor: William L. Murphy) Reviewer

2008.9~ Tissue Engineering (Editor: Antonio Mikos) Reviewer

2014.4~ Journal of Bone and Joint Surgery Reviewer

2008.10~ Clinical Orthopaedics and related research (Editor: Richard Brand) Reviewer

2017. 8 Reviewer, Mayo Clinic, USA, Dr. Aaron Krych for promotion to Professor of Orthopedic Surgery

2017.5 Reviewer, Weill Cornell Medical College, Cornell University, USA
Dr. Suzanne Adele Maher for promotion to Professor of Applied Biomechanics in Orthopedic Surgery

2017.6 Reviewer, Preliminery examination for PhD degree, Colorado State University, USA

2019.6 Reviewer, Examamnination for PhD degree, Colorado State University

2017.6. Reviewer, Arthritis Research UK Fellowship Grant

2017.4 Reviewer, ZonMw Grant, Netherlands

2014.3 Reviewer, Dr. Iftach Hetsroni for promotion to Clinical Senior Lecturer in Orthopedic Surgery, the Tel Aviv University.

2009. 4 The Prague Arthroscopy Symposium On Cartilage Surgery International Faculty

2009. 4 International Congress of Sports Traumatology and Arthroscopy for Central-Eastern Europe International Faculty

2008.10 9th Congress of the Turkish Society of Sports Traumatology Arthroscopy and Knee Surgery International scientific committee

2007.4 5th World Congress of Sports Trauma & 6th Asia-Pacific Orthopaedic Society for Sports Medicine Meeting International Faculty

2006.10 8th Congress of the Turkish Society of Sports Traumatology Arthroscopy and Knee Surgery International scientific committee

2006.11 29th Singapore Orthopaeidc Association Annual Scientific Meeting International faculty

2005.2~2006.1 ICRS (International Cartilage Repair Society)
International Program Development Committee

2005.1~2006.5 ESSKA 2006 (European Scoety of Sports Traumatology Knee surgery and Arthroscopy)
Program Committee

2004.11 7th Congress of the Turkish Society of Sports Traumatology Arthroscopy and Knee Surgery Combined with The 3rd Congress of Asia-Pacific Knee Society
International committeeApproach. Pp 373-390. Springer New York, 2017

Advances in Biosurgery towards Joint Preservation

Osaka Health Science University
Norimasa Nakamura, MD PhD



초청세션 6: 탁구 ① - 스피드와 회전의 예술, 탁구
Invited Session 6: Table Tennis ① (대한탁구협회)

좌장: 서울바른세상병원 임홍철, 서울아산병원 최경효

홍차옥

학력

경기대학교 대학원 체육학 박사

주요 경력

[주요 경력 및 활동]

· 대한탁구협회 경기력향상위원회 위원장 (현)

· 서울대학교 체육교육과 강사 (현)

· 한양대학교 체육학과 겸임교수 (전)

· SPOTV 및 프로탁구리그 탁구 해설위원

[선수 시절 주요 경력]

· 1991년 제41회 치바 세계탁구선수권 남북단일팀 단체전 금메달

· 1992년 제25회 바르셀로나 올림픽 여자 복식 동메달

· 1990년 제11회 베이징 아시안게임 여자 복식 금메달

· 1993년 제42회 예테보리 세계탁구선수권 단체전 동메달

· 1988년 제24회 서울 올림픽 국가대표 출전

· 체육훈장 거상장(1991), 백마장(1990), 기린장(1989)

현재 소속 및 직위

대한탁구협회 경기력향상위원회 위원장

탁구 경기력의 진화: 스피드와 회전의 발전사

대한탁구협회
홍차옥



심포지엄 8: 탁구 ② - 랠리를 잇는 힘: 탁구 선수의 부상 예방과 최신 치료
Symposium 8: Table Tennis Injuries

좌장: 계명대학교 김기진, 고대구로병원 강 석

김현곤

학력

고려대학교 의과대학 의학과 졸업 (2014)

고려대학교 대학원 정형외과학 석사 (2019)

방송통신대학교 바이오통계학 석사 (2023)

성균관대학교 대학원 정형외과학 박사 (2026)

주요 경력

삼성서울병원 정형외과 견주관절 전임의

대한정형외과학회 정회원 / 홍보위원회 위원

대한견주관절학회 인증 정회원 / 국제위원회 위원

대한관절경학회 정회원 / 보험위원회 위원

대한스포츠의학회 정회원

현재 소속 및 직위

고려대학교 안산병원 정형외과 임상조교수

대표논문

1. 2023.10 : American Journal of Sports Medicine, Diagnostic belly-press angle in predicting the severity of subscapularis tear performance of
2. 2023.11 : Orthopaedic Journal of Sports Medicine, Return to sports activity after reverse total shoulder arthroplasty
3. 2024.06 : Arthroscopy, Clinical and structural outcomes of arthroscopic rotator cuff repair in patients over 75 years are comparable to those in younger patients: A propensity score–matched comparative study

탁구 손상 - 상지 (어깨 / 손목·수부 손상 포함)

고대안산병원

김현곤

서론

탁구는 빠른 반응과 정교한 운동 조절을 요구하는 racket sport로, 반복적인 forehand와 backhand stroke가 shoulder, elbow 및 wrist에 지속적인 부하를 가한다. 높은 stroke 빈도와 빠른 가속·감속은 overuse injury와 관련되며, 손상 양상은 선수 수준, 연령 및 관찰 기간에 따라 다르다.[1] 청소년 고수준 선수 139명을 대상으로 한 17년 후향적 연구에서는 손상의 82.6%가 overuse injury였고, shoulder 손상이 전체 손상의 12.6%를 차지하였다.[2]

국내 국가대표 및 상비군 선수 35명의 조사에서는 상해 경험자 32명 중 20명(62.5%)이 shoulder 손상을 보고하였다.[13] 이는 복수응답에 따른 선수 기준 비율로, 전체 손상 건수 중 shoulder 비율과는 구분해야 한다. 국내 손상유발동작 연구에서도 반복적인 drive와 편측 사용이 shoulder 손상과 관련된 동작으로 제시되었다.[15] 본 강의에서는 탁구의 상지 biomechanics와 주요 손상의 평가, 치료 및 예방 전략을 살펴보고자 한다.

본론

1. 탁구 stroke의 biomechanics와 손상 기전

탁구 stroke는 하지와 체간에서 생성된 에너지가 shoulder, elbow 및 wrist를 거쳐 라켓으로 전달되는 kinetic chain의 결과이다. Topspin forehand에서는 체간 회전과 shoulder internal rotation이 중요하며, 숙련된 선수는 중간 수준 선수보다 큰 shoulder internal rotation torque와 높은 에너지 전달률을 보인다.[3] Backhand에서도 상지가 획득하는 mechanical energy의 상당 부분이 체간에서 전달된다.[4] 따라서 상지 손상은 국소 관절뿐 아니라 체간 회전, 하지 지지 및 분절 간 협응을 함께 평가해야 한다.

반복적인 고속 stroke와 불충분한 회복은 누적 부하를 증가시킬 수 있다. 국내 연구에서는 지속적인 편측 사용과 상체에 의존하는 swing이 shoulder 부담과 관련될 가능성을 제시하였으나, 이는 탐색적 해석이다.[15] 또한 무거운 라켓은 backhand 시 wrist dorsiflexion torque를 증가시켰지만, 실제 손상 발생 증가를 입증한 것은 아니므로 장비와 훈련 부하는 개별적으로 평가해야 한다.[5]

2. Shoulder 손상: rotator cuff tendinopathy와 GIRD

Shoulder 통증에서는 rotator cuff tendinopathy, subacromial pain 및 biceps long head 병변을 고려한다. Rotator cuff의 근력과 지구력, scapular control 및 thoracic mobility를 함께 확인하며, scapular dyskinesis만으로 특정 병변이나 통증 원인을 확정해서는 안 된다.

Glenohumeral internal rotation deficit(GIRD)은 탁구 선수에서도 관찰된다. 건강한 남자 선수 20명의 연구에서는 dominant shoulder의 internal rotation이 감소하였지만, external rotation과 total rotational motion에는 유의한 차이가 없었다.[6] Elite 선수 46명의 연구에서는 GIRD와 자가보고 shoulder 통증 사이의 연관성이 확인되었다.[7] 다만 인과관계가 입증된 것은 아니며, 측정 자세에 따라 결과가 달라질 수 있으므로 양측 회전 범위, total rotational motion, posterior shoulder tightness 및 증상을 종합하여 해석해야 한다.

3. Elbow 손상과 감별진단

반복적인 gripping과 wrist extension에 따른 외측 elbow 통증에서는 lateral epicondylalgia를, wrist flexion과 pronation에 따른 내측 통증에서는 flexor-pronator tendinopathy를 평가한다. 국소 압통과 저항성 운동에 대한 반응을 확인하고 radial tunnel syndrome, ulnar neuropathy 및 관절 내 병변을 감별한다.[8]

다른 racket sports의 근거를 참고하되, tennis의 stroke 기전이나 질환 빈도를 탁구에 그대로 적용해서는 안 된다. 실제 통증을 유발하는 stroke, grip 및 훈련량을 확인해야 한다. 청소년에서 지속적인 통증, 운동 제한 또는 locking이 동반되면 capitellar osteochondritis dissecans와 loose body를, forearm의 골성 압통이 지속되면 드물게 보고된 ulnar stress fracture를 고려한다.[1]

4. Wrist·hand 손상과 운동 조절 이상

Wrist 통증에서는 tendinopathy와 tenosynovitis를 평가한다. Radial-sided pain에서는 de Quervain tenosynovitis를, ulnar-sided pain에서는 extensor carpi ulnaris(ECU) tendinopathy 또는 instability, triangular fibrocartilage complex(TFCC) 병변 및 distal radioulnar joint 문제를 감별한다.[1,9] ECU instability는 회전 중 통증과 snapping을 확인하고 dynamic ultrasonography를 활용하되, 무증상 tendon displacement와 구분해야 한다.[9]

통증이나 운동 제한 없이 특정 serve 또는 stroke에서만 비정상적인 수축과 자세가 반복되면 focal task-specific dystonia를 고려한다. 드문 증례 수준의 질환이지만, 기술 저하로 오인하여 반복 훈련을 늘리지 않도록 주의해야 한다.[10]

5. 임상 평가와 치료 원칙

병력에서는 최근 훈련량과 강도의 변화, multiball·robot training 빈도, 라켓 변경 및 통증 유발 stroke를 확인한다. 진찰은 압통, 운동 범위, 저항성 운동 및 신경학적 소견을 포함하며, 실제 stroke에서 kinetic chain과 보상 동작을 관찰한다. 영상검사는 의심 병변에 따라 선택하고 증상과의 일치 여부를 확인한다.

치료의 기본은 load modification과 단계적인 운동 재활이다. 통증 유발 동작의 빈도와 강도를 조절하면서 가동성, 근력 및 지구력을 회복한다. Shoulder에서는 rotator cuff와 scapular stabilizer 기능을, elbow와 wrist에서는 forearm muscle의 부하 수용 능력을 개선한다. 보조기, 약물 및 주사 치료는 병변에 따라 선택하고, 구조적 손상이나 지속적인 기능 장애에서는 수술 필요성을 검토한다.[8,9]

6. 예방, 재활 및 스포츠 복귀

재활은 국소 기능과 체간·하지 협응을 함께 회복하는 방향으로 구성한다. Shoulder에서는 posterior shoulder mobility, rotator cuff endurance, scapular control 및 thoracic rotation을 평가한다. 소규모 연구에서 scapular stability training에 thoracic flexibility training을 병행했을 때 일부 기능 지표가 추가로 개선되었지만, 실제 손상 예방 효과는 추가 검증이 필요하다.[11]

국내 조사에서는 충분히 회복되지 않은 상태에서 경기나 연습에 복귀하는 양상이 보고되었다.[13,14] 복귀는 일정이나 휴식 기간뿐 아니라 통증, 운동 범위, 근력·지구력, 반복 stroke 수행 및 훈련 후 증상 반응을 기준으로 판단한다. Stroke 강도와 반복 횟수를 점진적으로 높이고 선수·지도자·의료진이 회복 상태를 공유해야 한다. Wheelchair 선수에서는 propulsion, transfer 및 체중 지지 부하를 고려하고, 비경기측에도 tendinopathy가 보고되어 양측 상지를 평가한다.[12]

결론

탁구의 상지 손상은 반복적인 고속 stroke와 누적 부하에 관련되며, shoulder의 rotator cuff 관련 통증과 GIRD, elbow의 epicondylalgia, wrist의 tendinopathy가 주요 평가 대상이다. 국소 병변과 함께 kinetic chain, 훈련 부하, 장비 및 기술적 특성을 평가하고, load modification과 기능 회복에 근거한 단계적인 복귀를 시행해야 한다. 탁구에 특화된 근거는 아직 제한적이므로, 직접적인 탁구 연구와 다른 racket sports의 근거를 구분하여 적용하는 것이 중요하다.

참고문헌

1. Biz C, Puce L, Slimani M, et al. Epidemiology and risk factors of table-tennis-related injuries: findings from a scoping review of the literature. Medicina (Kaunas). 2022;58(5):572.
2. Bonhomme C, Menu P, Grondin J, Hirardot T, Dauty M, Fouasson-Chailloux A. Table tennis musculoskeletal injuries in young high-level players: a 17-year retrospective cohort study. Ann Med Surg (Lond). 2026;88(8):4828–4835.
3. Iino Y, Kojima T. Kinetics of the upper limb during table tennis topspin forehands in advanced and intermediate players. Sports Biomech. 2011;10(4):361–377.
4. Iino Y, Kojima T. Mechanical energy generation and transfer in the racket arm during table tennis topspin backhands. Sports Biomech. 2016;15(2):180–197.
5. Iino Y, Kojima T. Effect of the racket mass and the rate of strokes on kinematics and kinetics in the table tennis topspin backhand. J Sports Sci. 2016;34(8):721–729.
6. Kamonseki DH, Cedin L, Habechian FAP, Piccolomo GF, Camargo PR. Glenohumeral internal rotation deficit in table tennis players. J Sports Sci. 2018;36(23):2632–2636.
7. Zhang B, Wang K, Zhang E, Shang X. Correlation of glenohumeral internal rotation deficit with shoulder pain in elite table tennis players. Am J Phys Med Rehabil. 2023;102(8):687–691.
8. Chung KC, Lark ME. Upper extremity injuries in tennis players: diagnosis, treatment, and management. Hand Clin. 2017;33(1):175–186.
9. Campbell D, Campbell R, O'Connor P, Hawkes R. Sports-related extensor carpi ulnaris pathology: a review of functional anatomy, sports injury and management. Br J Sports Med. 2013;47(17):1105–1111.

10. Le Floch A, Vidailhet M, Flamand-Rouvière C, et al. Table tennis dystonia. Mov Disord. 2010;25(3):394–397.
11. Lin Y, Zhang R, Zhang Y, Xu Y, Gao Q, Luo Q. Comparing the efficacy of solely scapular stability training versus combined thoracic flexibility training in elite table tennis players with scapular dyskinesis. J Hum Kinet. 2025;98:93–106.
12. You BC, Lee WJ, Lee SH, Jang S, Lee HS. Shoulder disease patterns of the wheelchair athletes of table-tennis and archery: a pilot study. Ann Rehabil Med. 2016;40(4):702–709.
13. 김용연, 안호정. 국가대표 남·여 탁구 선수들의 상해에 관한 조사연구. 코칭능력개발지. 2011;13(3):123–130.
14. 안호정, 김용연, 왕중산, 김지성, 이승주, 김상훈. 엘리트 탁구 선수의 스포츠 상해에 관한 연구. 한국웰니스학회지. 2012;7(4):119–128.
15. 김태완, 최규정, 문영진, 송주호, 박상혁, 김은국, 김태규, 강성기, 노대성. 하계 스포츠 세부 종목별 손상유발동작 탐색연구. 체육과학연구. 2015;26(4):690–701.

이효열

학력

전남대학교 의과대학 의학 학사

부산대학교 대학원 의학 석사

울산대학교 대학원 의학 박사

주요 경력

스포츠의학 인증 전문의

FIFA diploma in Football medicine

대한아이스하키협회 여자 국가대표팀 주치의

대한민국 농구협회 U20 월드컵 주치의

한국여자프로골프협회 (KLPGA) 정규투어 주치의

현재 소속 및 직위

충북대학교병원 정형외과 조교수

대표논문

1. Lee HY, Kim JM, Lee BS, Song JH. Better meniscal volume and quality reduce cartilage degeneration following autologous osteochondral transfer: A retrospective comparative study with a mean 6-year follow-up. Orthop Traumatol Surg Res. 2026 May;112(3):104591. doi: 10.1016/j.otsr.2026.104591. Epub 2026 Jan 12. PMID: 41534783.
2. Lee HY, Kim JM, Lee BS, Bin SI, Kim SM, Lee SJ. Lateral Meniscal Allograft Transplantation Shows a Long-Term Chondroprotective Effect on Quantitative Magnetic Resonance Imaging T2 Mapping at 7-Year Minimum Follow-Up. Arthroscopy. 2024 May;40(5):1568-1574. doi: 10.1016/j.arthro.2023.09.027.
3. Lee HY, Bin SI, Kim JM, et al. Nonextruded Grafts Result in Better Cartilage Quality After Lateral Meniscal Allograft Transplantation: Quantitative 3-T MRI T2 Mapping. Am J Sports Med. 2023.

탁구 손상 - 무릎 (Knee)

충북대병원

이효열

Biomechanics of Table Tennis

- Movements
  - Short, repeated bursts of intense activity
  - Low ready position
  - Rapid lateral footwork
  - Repeated weight shifts and rotation
  - Recovery to the ready position



Ferrandez et al, 2021
Biz et al, 2022

Incidence | Acute inj. | Chronic inj. | Prevention

CHUNGBUK NATIONAL UNIVERSITY HOSPITAL

Biomechanics of Table Tennis

- Lower limb contributions to stroke mechanics
  - Energy generation in the lower limbs
  - Hip and pelvic rotation
  - Energy transfer to the trunk and upper limbs
  - Knee flexion and rotational movements
  - Plantar loading and postural stability



Ferrandez et al, 2021
Hitansha et al, 2025

Incidence | Acute inj. | Chronic inj. | Prevention

CHUNGBUK NATIONAL UNIVERSITY HOSPITAL

Table tennis: Injury incidence

- Injuries during tournament
  - Systematic review of 8 studies
  - 873 competitive table tennis players
  - Medical-attention injuries
  - Tournament surveillance over 11–26 days
  - 31 injuries reported: 3.6 per 100 players


Musculoskeletal Injuries in Table Tennis during Competition: A Systematic Review

OPEN ACCESS

Ko SH, Park KB et al, IJSM, 2024

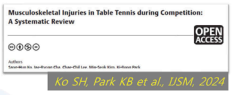
Authors	Journal (Year of publication)	No. of study population (Total / male / female)	Level of games which players attended	Observational period (days)
A Hamid et al. [13]	Sains Malaysiana (2016)	1 / 0 / 1	Asian Games	26
Engebretsen et al. [14]	Br J Sports Med (2013)	174 / 86 /88	Summer Olympic Games	17
Junge et al. [15]	Am J Sports Med (2009)	172 / 99 / 73	Summer Olympic Games	16
Leesangthame et al. [16]	J Med Assoc Thai (2009)	276 / 124 / 152	Thailand National Games	13
Chen et al. [17]	BMJ Open Sport Exerc Med (2021)	10 / 5 / 5	Asian Games	16
Nishihara et al. [18]	Br J Sports Med (2016)	2 / 1 / 1	Youth Summer Olympic Games	13
Sadigursk et al. [19]	Br J Sports Med (2017)	172 / 95 / 77	Summer Olympic Games	17
Steffen et al. [20]	Br J Sports Med (2020)	64 / 32 / 32	Youth Summer Olympic Games	13

Incidence | Acute inj. | Chronic inj. | Prevention

CHUNGBUK NATIONAL UNIVERSITY HOSPITAL

Table tennis: Injury incidence

- Injuries during tournament
  - Injury circumstances (available for 25 events)
    - Training: 13 injuries
    - Competition: 12 injuries
  - Time-loss data (available for 28 injuries)
    - No time loss: 18 injuries, 64.3%
    - Time loss: 10 injuries, 35.7%


Musculoskeletal Injuries in Table Tennis during Competition: A Systematic Review

OPEN ACCESS

Ko SH, Park KB et al, IJSM, 2024

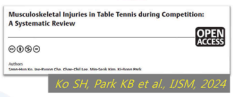
Most injuries did not interrupt participation

Incidence | Acute inj. | Chronic inj. | Prevention

CHUNGBUK NATIONAL UNIVERSITY HOSPITAL

Table tennis: Injury incidence

- Injuries during tournament
  - Male vs female: 3.8% vs 3.2%
    - OR 1.19; 95% CI 0.57–2.45
  - No significant difference by sex or event category
  - Knee-specific injury patterns remain unclear



Ko SH, Park KB et al, IJSM, 2024

Table tennis is one of the saftest sports

Incidence | Acute inj. | Chronic inj. | Prevention

Table tennis: Knee injury

- Table tennis is one of the saftest sports
  - Acute injury (very rare)
    - ligament injury
    - meniscal injury
  - Repeated injury
  - Injury prevention



Table tennis: Acute knee injury

- Anterior Cruciate Ligament
  - Stabilizer
    - anterior translation
    - internal rotation

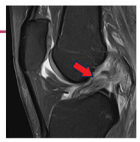




Incidence | Acute inj. | Chronic inj. | Prevention

Table tennis: Acute knee injury

- ACL tear: diagnosis
  - History taking
    - Sx. at the time of injury
    - Injury mechanism at the time of injury
  - Radiological findings
    - X-ray
    - MRI
  - Physical examination
    - Lachman test: highly sensitive
    - Pivot shift test





Incidence | Acute inj. | Chronic inj. | Prevention

Table tennis: Acute knee injury

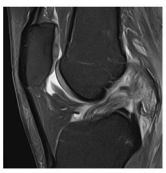
- ACL reconstruction
  - Hamstring harvest

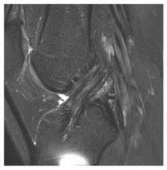


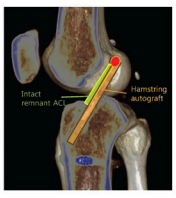
Incidence | Acute inj. | Chronic inj. | Prevention

Table tennis: Acute knee injury

- ACL reconstruction







- F/23 National team ice hockey player

Incidence | Acute inj. | Chronic inj. | Prevention

Table tennis: Acute knee injury

- Medial Collateral Ligaments (MCL)
  - Membrane-like structure





Incidence | Acute inj. | Chronic inj. | Prevention

CHUNGBUK NATIONAL UNIVERSITY HOSPITAL

Table tennis: Acute knee injury

- MCL tear
  - Injury mechanism
    - valgus stress
    - Isolated injury is common
  - Diagnosis
    - Stress X-ray
    - Valgus stress test
    - MRI







Incidence | Acute inj. | Chronic inj. | Prevention

CHUNGBUK NATIONAL UNIVERSITY HOSPITAL

Table tennis: Acute knee injury

- MCL tear
  - Treatment: conservative Tx.
    - Membrane-like structure
    - Favorable outcomes after conservative Tx.
  - Surgical treatment
    - Failure of conservative Tx.
    - Grade 3 instability
    - Combined injuries



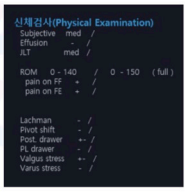



Incidence | Acute inj. | Chronic inj. | Prevention

CHUNGBUK NATIONAL UNIVERSITY HOSPITAL

Table tennis: Acute knee injury

- F/69, MCL tear, knee, Lt.
  - 탁구 복식 시합 중 옆사람이 넘어지면서 환자 다리가 깔림

Incidence | Acute inj. | Chronic inj. | Prevention

CHUNGBUK NATIONAL UNIVERSITY HOSPITAL

Table tennis: Knee injury

- Table tennis is one of the saftest sports
  - Acute injury (very rare)
    - ligament injury
    - meniscal injury
  - Repeated injury
  - Injury prevention



Table tennis: Repeated knee injury

- Etiology
  - Repetitive footwork and strokes
  - Imbalance between training load and recovery
  - Continued participation despite symptoms



Biz et al., 2022; Bonhomme et al., 2026.

- Features
  - Differences across age and playing level
  - Patellofemoral pain
  - Patellar tendinitis
  - Meniscal injuries
  - Knee osteoarthritis

Incidence | Acute inj. | Chronic inj. | Prevention

CHUNGBUK NATIONAL UNIVERSITY HOSPITAL

Table tennis: Repeated knee injury

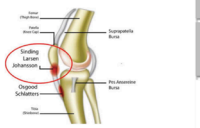
- 139 national-level young athletes (mean 13.3 YO)
- Among 95 total injuries,
  - Lower limbs: 72%
  - Knee: 31% (most frequent)
    - Osgood–Schlatter disease: 15
    - Sinding–Larsen disease: 9
    - Patellofemoral pain syndrome: 4



Incidence | Acute inj. | Chronic inj. | Prevention

Table tennis: Repeated knee injury

- **Patellar tendinitis**
  - Adult
  - Juvenile (Traction apophysitis)
    - Osgood-Schlatter Disease
    - Sinding Larsen Johansson syndrome
- Treatment
  - nonoperative with NSAIDs
  - activity modification
  - quadriceps stretching

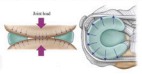




Incidence | Acute inj. | Chronic inj. | Prevention

Table tennis: Repeated knee injury

- **Meniscus (반월연골판)**
  - Lubrication
  - Congruency
  - Joint stability
  - Nutrition
  - Shock absorption
  - Weight distribution
- ≠Articular cartilage (관절 연골)

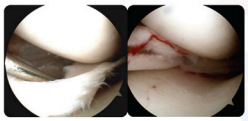


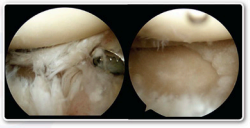


Incidence | Acute inj. | Chronic inj. | Prevention

Table tennis: Repeated knee injury

- **Meniscus tear**
  - acute tear
  - chronic tear

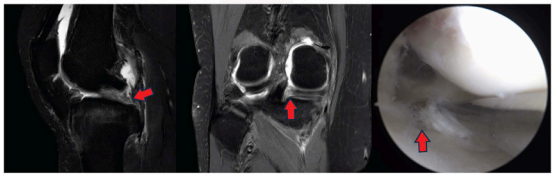




Incidence | Acute inj. | Chronic inj. | Prevention

Table tennis: Repeated knee injury

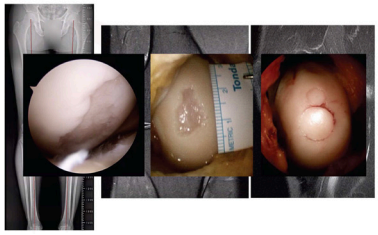
- F/55, MMPRT, knee, Lt.
  - 탁구 치다가 무릎이 찌릿했어요
  - Acute on chronic condition



Incidence | Acute inj. | Chronic inj. | Prevention

Table tennis: Repeated knee injury

- **Articular cartilage injury**
- M/46, Office worker
  - Recreational player
  - No definite event
  - Pain when walk



Incidence | Acute inj. | Chronic inj. | Prevention

Table tennis: Repeated knee injury

Incidence | Acute inj. | Chronic inj. | Prevention

■**Knee osteoarthritis?**

■Former elite players vs non-athletic man (Mean 56 YO)

- Elite players showed
  - OA advanced
  - Genu varum
  - Poorer WOMAC score


BMC Musculoskeletal Disorders
RESEARCH ARTICLE Open Access
Radiographic knee osteoarthritis in ex-elite table tennis players

Rajabi et al. BMC MS disorder, 2012

CHUNGBUK NATIONAL UNIVERSITY HOSPITAL

Table tennis: Knee injury

■Table tennis is one of the saftest sports

- Acute injury (very rare)
  - ligament injury
  - meniscal injury
- Repeated injury
- Injury prevention



Table tennis: Injury prevention

Incidence | Acute inj. | Chronic inj. | Prevention

■**Physical Preparation and Load Management**

- Circumstance
  - Dry floors
  - Appropriate footwear
- During practice
  - Progressive load, Adequate recovery
  - Lower limb and trunk strengthening
  - Balance and movement-control exercises
  - Training modification, gradual RTP after injury




CHUNGBUK NATIONAL UNIVERSITY HOSPITAL

Table tennis: Injury prevention

Incidence | Acute inj. | Chronic inj. | Prevention

■During match

- Dynamic warm-up
- Controlled footwork and body positioning

■Partner awareness

- Coordinated movement with doubles partners
- Clear communication during play



CHUNGBUK NATIONAL UNIVERSITY HOSPITAL



경청해주셔서 감사합니다.

충북대학교병원

김상범

학력

단국대학교 운동처방학과 학사

조선대학교 의학전문대학원 의학과 석사

주요 경력

대한민국 농구협회 의무위원

대한민국 남자 국가대표 농구 팀 주치의

프로농구 LG 세이커스 팀 주치의

여자프로농구 우리은행 팀 주치의

프로축구 서울 이랜드 팀 주치의

현재 소속 및 직위

고양 국가대표 정형외과 대표원장

탁구 손상 - 족부·족관절 (Foot & Ankle)

고양국가대표정형외과
김상범

배경 및 목적

탁구는 짧은 거리에서의 반복적인 측방 이동, 급격한 방향 전환 및 빠른 체중 이동이 요구되는 스포츠로, 발목의 기능적 안정성과 동적 조절 능력이 경기 수행에 중요한 역할을 한다. 발목 염좌는 통증과 운동 제한을 유발할 뿐 아니라 재손상 및 만성 발목 불안정성으로 이어질 수 있다. 본 발표에서는 탁구선수의 발목손상에 대한 임상적 평가와 치료 원칙을 살펴보고, 단계적 재활 및 스포츠 특이적 기능 평가를 통한 안전한 경기 복귀 전략을 제시하고자 한다.

주요 내용

급성 발목손상에서는 손상 기전과 과거 염좌 병력을 확인하고, 신체검사 및 Ottawa ankle rules를 활용하여 골절 가능성을 평가해야 한다. 외측 발목 인대 염좌 외에도 원위 경비인대 결합 손상, 거골 골연골 손상 및 비골건 손상 등 동반 손상을 감별하는 것이 중요하다. 영상검사는 임상적 소견에 따라 선택적으로 시행한다. 치료는 손상 정도에 따른 보호와 점진적 체중부하를 기본으로 하며, 관절가동범위 회복, 근력 강화, 균형 및 고유수용성 감각 훈련을 단계적으로 진행한다. 이후 측방 이동, 급정지, 방향 전환 및 불규칙한 자극에 대한 반응 훈련을 추가하여 탁구 특이적 기능을 회복하도록 한다.

경기 복귀 여부는 손상 후 경과 기간이나 통증 감소만으로 결정해서는 안 된다. PAASS 프레임워크를 활용하여 통증, 발목 기능 손상, 선수의 인식 및 심리적 준비도, 감각운동 조절, 스포츠 특이적 기능 수행을 종합적으로 평가할 수 있다. 또한 균형 및 신경근 훈련, 적절한 발목 보조기 사용과 점진적인 훈련량 증가는 재손상 예방을 위한 주요 전략이다.

결론

탁구선수의 발목손상 관리는 정확한 진단, 기능 중심의 단계적 재활 및 스포츠 특이적 평가를 통합하는 접근이 필요하다. 특히 경기 복귀 시에는 통증의 소실뿐 아니라 발목의 기능적 안정성, 동적 조절 능력, 선수의 자신감 및 실제 풋워크 수행 능력을 종합적으로 고려해야 한다. 이러한 기준 기반 접근은 안전한 경기 복귀와 재손상 위험 감소를 위한 임상적 의사결정에 도움이 될 수 있다.



심포지엄 10: 2026 무용의학 업데이트
- 무용수의 건강관리부터 하지 손상 치료까지
Symposium 10: Dance Medicine Update 2026

좌장: 양산부산대병원 이창형, 순천향대천안병원 김우종

이미하

학력

이화여자대학교 무용학과 학사

Columbia College, Chigago MFA

국민대학교 공연예술학과 박사과정 수료

주요 경력

유니버설발레단 산하 줄리아발레아카데미 대표원장 2009~현재

줄리아발레스튜디오 대표원장 2026~현재

이화여자대학교 겸임교수

국민대학교 겸임교수

New York Conservatory of Dance 발레스쿨 지도교사

현재 소속 및 직위

줄리아발레아카데미 대표원장

이화여자대학교 겸임교수

국민대학교 겸임교수

성장기 무용수의 골격계 특징과 부상 위험 관리

줄리아발레아카데미

이미하

성장기 무용수들의 골격계 특징과 부상관리

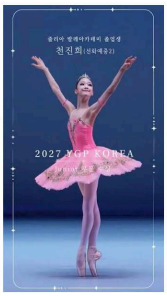
- 유니버설발레단에서 운영하는
- 줄리아발레아카데미 서초원 250명, 수내원 150명,
- 줄리아발레스튜디오 120명 , 총 520명
- 2009년 ~2026년 현재까지 운영 중
- 이화여자대학교 무용과 대학원 50명
- 국민대학교 무용과 대학원 50명



- 2026년 가장 많이 보이고 있는 600 여명의 성장기 무용수들의 골격계 특징 및 부상상황

1. 핵심 질문

- *성장기 무용수의 신체는 성인 무용수와 무엇이 다른가*
- *왜 발레 전공생에게 반복적인 발, 발목 및 하지 통증이 발생하는가*
- *부상을 예방하기 위해 무용교육 현장과 의료진이 무엇을 확인해야*



2. 성장기 무용수의 골격계 특징

- **성장이 급증**하며 사지 길이와 신체 비율이 변화하면서 기존의 균형, 협응, 동작 조절이 달라짐
- (골반, 무릎 통증을 호소하거나, 급성장으로 척추측[illegible]

- **기술수준과 신체적 준비도의 불일치**
- 신체적으로 근력이나 기술수준이 준비가 안되었으
- 높은 수준의 기술을 요하는 입시를 치르고자 하는
- 코어와 Turn out 근력이 충분치 않은 경우가 많음

- 신지효(오랜 시간 쌓은 기본기로 건강한 무용수로

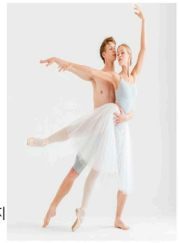


3. 성장기 발레 현장에서 관찰되는 주요 부상문제

주요부위	관찰되는 문제의 예
발, 발목	반복적인 통증 , 건염, 염좌, 발목 뒤쪽 통증
발가락 중족부	**반복 부하**에 따른 골 스트레스 손상 가능성
무릎	**점프 착지** 및 반복적인 하지 부하와 관련된
고관절, 골반	턴아웃 보상, 고관절 주변 통증, **장요근 부위 통**
발바닥	족저근막 부위 통증 및 과부하 손상



4. 체중 감량 압박과 에너지 부족



- 체중과 체형에 대한 압박 및 **과도한 식이 제한**
- 훈련량에 비해 부족한 에너지, 영양 섭취
- 성장과 회복에 필요한 에너지 부족
- **지속적인 피로**, 회복 지연 (주7일 5시간씩 연습하기도)
- 체중 자체 보다 성장, 훈련, 회복에 필요한 에너지와 영양이 충분한지

5. 턴아웃과 발, 발목의 과부하



- 고관절의 외회전 가동범위가 부족한 상태에서 발과 무릎을 과도하게 외회전 시
- 발의 과도한 pronation, **아치 조절 능력 저하**
- 무릎, 발목, 발의 정렬과 부하 분배 문제
- 충분한 근력 및 균형조절 능력 없이 반복하는 **한다리 Releve** (장무지굴근
- 준비도가 부족한 상태에서 (**특히 core힘 부족**) 토슈즈 훈련 및 고난도 점



6. 기술 수행 능력과 신체적 준비도

- 기술을 할 수 있는가?- 반복해서 안전하게 수행할 준비가 되어 있는가?
- 토슈즈 준비도 : 발목 정렬, 하지 정렬, 골반 안정성, 발목 근력 안정성
- 한다리 heel- rise; 높이 뿐만 아니라 반복 수행 시 정렬과 조절 능력
- 균형과 동적 안정성
- 점프 착지 시 하지 정렬과 충격 흡수 능력
- 피로 누적시 동작 질 유지할 수 있는지



7. 훈련 부하와 회복의 불균형



- 콩쿠르, 입시 전 장기간 훈련량 증가
- 주 7일 연습 등 휴식일 부족
- 동일한 동작의 반복과 고강도 훈련의 중첩
- 통증이 있어도 연습을 지속하는 문화
- 성장 급증 시기의 훈련량 증가
- 수면, 영양, 회복 부족

8. 근력과 코어 안정성 : 예방을 위한 훈련

- **코어**, 골반 안정성 :하지 동작 중 골반과 몸통의 조절
- 발, 발목 근력: 종아리 근력, 발 intrinsic muscle기능, 조절된 heel- rise
- 고관절 근력: 외회전 근육과 고관절 주변 근육의 기능
- 한 다리 균형: 정렬을 유지하면서 부하를 조절하는 능력
- **점프, 착지 훈련:** 충격흡수, 하지 정렬, 좌우 조절
- **점진적 부하 증가**: 운동 난이도와 반복 횟수를 준비도에 맞춰 단계적으로 증가



9. 교사와 의료진의 교육 현장의 협력

- 수업 전 :**통증, 피로, 수면, 훈련 량 변화 체크**
  : 성장 단계와 신체적 준비도 고려
  : 고강도 훈련 및 점프, 토슈즈 훈련 계획 조정

수업 중: **통증 정도 확인**
동작의 질 확인 후 점프, 토슈즈 등 고강도 훈련 조정
통증을 참고 동작을 완수하도록 요구하지 않기
(통증의 정도 1~10까지 중 5 이상은 훈련 중단)

수업 후 : 통증 확인 후 병원 의료진께 도움 요청
훈련량, 통증, 회복 상태 기록
복귀 및 재활 계획 협의



성장기 무용수의 부상 예방은
성장 단계에 맞는 신체적 준비도와 훈련 부하, 충분한 회복을 확보하는 과정

10. 참고 문헌

- Readiness for Pointe shoes in ballet: A Delphi Consensus Study. Sports Medicine -open 2026
- Screening Protocols for Pointe Readiness in Young Adolescent Female Dance Student : A Delphi Study, 2025
- Mountjoy M, et al. 2023 IOC consensus statement on Relative Energy Deficiency in Sports. British Journal of Sports Medicine.

정규성

학력

한양대학교 의학과 학사

한양대학교 일반대학원 의학과 석사

한양대학교 일반대학원 의학과 박사

주요 경력

대한스포츠의학회 분과 전문의, 편집위원회 간사

K 리그 프로축구연맹 의무위원 (슬관절)

한국전력 빅스톰 프로배구단 팀닥터

대한핸드볼협회 의무위원회 필드닥터

평창동계올림픽 바이애슬론 의무지원

현재 소속 및 직위

한양대학교 구리병원 정형외과 부교수

대표논문

1.Comparison of Clinical and Radiologic Results Between Partial Meniscectomy and Refixation of Medial Meniscus Posterior Root Tears: A Minimum 5-Year Follow-up ; Chung KS, Ha JK, Yeom CH, Ra HJ, Jang HS, Choi SH, Kim JG ; Arthroscopy. 2015 Oct;31(10):1941-50

2. Are Muscle Strength and Function of the Uninjured Lower Limb Weakened After Anterior Cruciate Ligament Injury? Two-Year Follow-up After Reconstruction. ; Chung KS, Ha JK, Yeom CH, Ra HJ, Lim JW, Kwon MS, Kim JG ; Am J Sports Med. 2015 Dec;43(12):3013-21

3.Root Repair Versus Partial Meniscectomy for Medial Meniscus

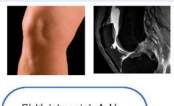
Knee Update: 무용수의 취약한 무릎 - ACL 및 관절 내 손상 최신 치료

한양대구리병원

정규성

HANYANG UNIVERSITY MEDICAL CENTER

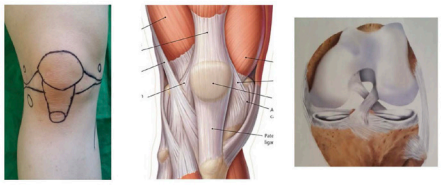
무릎 (knee) 손상





HANYANG UNIVERSITY MEDICAL CENTER

통증 부위 확인이 중요함!!!



HANYANG UNIVERSITY MEDICAL CENTER

WHY THE DANCER'S KNEE

발레의 세 가지 기본 동작이 무릎을 다치게 하는 방식



턴아웃 — 과도한 회전력

발을 바닥에 고정한 채 무릎을 비틀어 180°를 만들면 내측측부인대와 반월연골판에 전단력이 쌓인다

플리에 — 슬개골 압박

그랑 플리에에서 슬개대퇴관절 압력은 체중의 7–8배. 굽힌 채 턴아웃을 유지하면 슬개골이 바깥으로 끌려 압무릎 통증

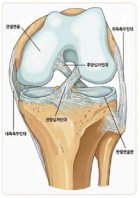
점프 착지 — 무너지는 무릎

피로하면 착지 순간 발이 안으로 무너지고(회내) 무릎에 외반력과 내회전이 동시에 걸려 반월연골판·전방십자인대가 손상된다

HANYANG UNIVERSITY MEDICAL CENTER

WHAT GETS INJURED

무용수의 무릎에서 다치는 네 가지 구조물



1 **전방십자인대 (ACL)**
정강이뼈가 앞으로 밀리고 비틀리는 것을 막는 무릎 한가운데의 밧줄 — 점프 착지의 안정성을 책임진다

2 **반월연골판**
뼈 사이의 C자·O자 쿠션 — 착지 충격(체중의 10배 이상)을 흡수하고 하중을 고르게 나눈다

3 **관절연골**
뼈 끝을 덮은 매끄러운 표면 — 한 번 닳으면 스스로 돌아오지 않는다

4 **슬개건**
허벅지 근육의 힘을 슬개골을 거쳐 정강이로 전달하는 힘줄 — 점프의 연진이자 과사용의 첫 희생자

무용 손상 중 무릎은 발·발목 다음으로 많고, 보고에 따라 전체의 6–40%. 가장 흔한 것은 인대 염좌, 반월연골판 손상, 슬개건병증, 전방십자인대 손상.

HANYANG UNIVERSITY MEDICAL CENTER

ACL IN DANCERS

전방십자인대 — 드물지만, 다치는 순간은 정해져 있다

0.009
1,000회 연습 공연 노출당 ACL 손상
전문 발레·모던 무용수 298명을 5년간 추적 — 구기 종목 선수보다 훨씬 낮다. 어릴 때부터 익힌 착지·균형 훈련이 무릎을 지킨다

92%
손상 기전이 '점프 후 한 발 착지'
부딪혀서가 아니라 혼자 착지하다 다친다. 네덜란드 3개 발레단 조사에서는 6례 모두 왼발, 턴아웃 상태로 착지하며 무릎이 안으로 꺾인 경우

3–5배
여성 모던 무용수의 상대 위험
발레보다 모던·컨템포러리에서 높다 — 정해진 착지 형식이 느슨할수록, 피로할수록 무릎은 안으로 무너진다

'뚝' 하는 소리, 즉시 붓는 무릎, 걷기는 되는데 돌거나 착지할 때 빠지는 느낌 — 이 셋이면 클레스를 멈추고 검사를 받아야 합니다.

Liederbach et al. AJSM 2008 (298명 5년 전향 연구) · Meuffels & Verhaar, Acta Orthop 2008 (네덜란드 3개 발레단 253명)

HANYANG UNIVERSITY MEDICAL CENTER

AFTER ACL INJURY — WHAT THE EVIDENCE SAYS

무대로는 돌아온다 — 문제는 '착지의 자신감'이다

네덜란드 3개 발레단 · 10년
6명 중 3명
재건술 후 6명 전원이 무대로 복귀했지만, 6명 모두 "점프 착지 때 불안하다"고 답했고 그 때문에 3명은 결국 중을 그만두었다

전문 무용단 84명 중 무릎 수술 14례
연습 6개월 · 무대 9개월
ACL 재건 후 연습 복귀 평균 26.5주, 무대 복귀 35주(28–52주). 한 발 착지 한 발 스쿼트 테스트를 통과한 뒤 복귀한 경우 재손상 0

전문 발레 무용수 18명 · 수술 31회 (2026)
18명 중 14명
결국 같은 레벨로 복귀 — 그러나 일부는 첫 수술 후 복귀하지 못하고 두세 번째 수술을 거치셔야 가능했다. 첫 치료와 첫 재활이 커리어를 가른다.

복귀율만 보면 낙관적이고, 착지 자신감과 재수술을 보면 냉정해집니다. '돌아왔는가'가 아니라 '같은 몸으로 돌아왔는가'가 무용수의 질문입니다.

Meuffels & Verhaar, Acta Orthop 2008 · Aksu et al. Med Res Arch 2022 · Return to Dance after Surgery in Professional Ballet Dancers, OJSM 2026

HANYANG UNIVERSITY MEDICAL CENTER

TREATMENT PRINCIPLE

치료의 선택 — 손상의 크기가 아니라 '무엇을 하고 싶은가'가 정한다

수술 없이 재활로 갈 수 있는 경우

- 인대가 일부만 다치고, 검사에서 무릎이 흔들리지 않을 때
- 점프·회전이 적은 장르, 활동량이 줄어든 은퇴 무용수
- 단, 불안정이 남으면 반월연골판·연골이 2차로 다친다 — 회전 동작과 무리한 활동은 피하면서 정기적으로 재평가

인대를 다시 만들어야 하는 경우

- 직업 무용수, 입시·콩쿠르 준비생 — 점프·착지·회전은 무릎이 안정될 대만 가능한 동작
- 앞뒤·회전 안정성이 완전히 회복되어야 하는 모든 상황
- 수술은 끝이 아니라 시작 — 결과를 가르는 것은 수술 그 자체보다 그 뒤 9개월의 재활

무용수에게 묻는 첫 질문은 "얼마나 찢어졌나요"가 아니라 "어디까지 돌아가고 싶으세요"입니다. 기능적 요구도와 남아 있는 불안정의 정도가 치료를 결정합니다.

HANYANG UNIVERSITY MEDICAL CENTER

RETURN TO DANCE

언제 돌아갈 수 있는가 — 날짜가 아니라 네 가지 기준으로

시간 — 최소 9개월
새 인대가 뼈에 붙고 '진짜 인대'로 바뀌는 데 걸리는 시간. 9개월까지 한 달 늦출 때마다 재손상 위험이 절반 가까이 줄어든다

무릎 상태 — 통증·부종 없음, 완전히 펴짐
무용수는 반대쪽만큼 펴지고(과신전 포함) 굽혀져야 '정상'. 검사에서 흔들림이 없어야 한다

기능 — 반대쪽의 90% 이상
허벅지 근력, 한 발 멀리뛰기·세 번 뛰기 등 hop 검사로 수술한 쪽을 반대쪽과 숫자로 비교(LSI ≥ 90%). 무용수는 여기에 한 발 착지와 한 발 스쿼트의 정렬을 더 본다

마음 — 다시 다칠까 하는 두려움
몸이 준비돼도 두려움이 남으면 착지가 굳고 다시 다친다. 복귀 자신감을 설문으로 재서 몸과 함께 올려야 한다

바(Barre) → 센터 · 아다지오 → 작은 점프 · 플르베 → 큰 점프 · 회전 · 포인트 → 리허설 → 공연 (≥ 9개월)

HANYANG UNIVERSITY MEDICAL CENTER

MENISCUS

반월연골판 — 잘라내면 빨리 돌아오고, 꿰매면 오래 춤춘다

먼저 — 통작을 고친다

급성 외상 없이 생긴 만성 통증, 작은 안정적 파열, 걸리거나 잠기는 증상이 없을 때

- 통증을 부르는 깊은 몸리에와 점프를 잠시 줄인다
- 무릎을 비트는 턴아웃을 고정하고, 고관절로 돌리는 턴아웃을 다시 배운다
- 발레 테크닉 재교육이 곧 치료

수술이 필요하다면 — 봉합이 먼저

보존 치료에 실패했거나 파열이 불안정해 통증이 계속되는 활동적인 무용수

- **봉합술** — 커리어를 지키는 첫 번째 선택. 혈류가 닿는 위치, 아물 수 있는 모양·조직이면 꿰맨다
- **절제술** — 꿰맬 수 없는 복합·퇴행성 파열에 한해, 최소한만. 시즌 중 6주 내 복귀는 되지만 쿠션을 잃은 대가가 남는다
- **이식술** — 이미 많이 잘라내 관절염이 오는 젊은 무용수의 마지막 선택지

쿠션이 사라지면 그 다음에 닳는 것은 관절연골이고, 연골은 돌아오지 않습니다. '빠른 복귀'와 '긴 커리어'는 종종 반대 방향 — 시간축을 무용수와 함께 정해야 합니다.

HANYANG UNIVERSITY MEDICAL CENTER

PATELLAR TENDINOPATHY

슬개건병증 — 염증이 아니라 '지친 힘줄', 쉬는 게 아니라 '알맞게 쓰는 것'이 치료



왜 생기나

- 점프 착지 때 힘줄이 놀아나며 버티는 부하가 반복
- 깊은 몸리에에서 힘줄이 슬개골 아래에 끼임
- 무리한 턴아웃 → 발 회내 → 힘줄의 비틀림
- 딱딱한 바닥·쿠션 없는 슈즈, 뻣뻣한 허벅지 앞·약한 뒤쪽

치료의 대원칙 — 부하 관리 (Optimal Loading)
통증을 부르는 그 한 몸리에·무리한 점프는 줄이되, 힘줄을 완전히 쉬게 하지 않는다. 힘줄은 적절한 부하를 받아야 다시 튀여진다

1단계 · 1–2주	2단계 · 2–6주	3단계 · 4–8주+	4단계
통증 조절, 기본 부하 유지	천천히 무겁게 — 힘줄 강화	점프·착지 다시 넣기	수업 → 리허설 → 공연

재활이 안 통할 때 — 시술의 서열

- **체외충격파(ESWT)**: 비수술 치료 중 근거가 가장 높다 · **PRP 주사**: 만성 건병증에서 시도할 수 있는 근거 있는 주사
- 증식치료·콜라겐·DNA 주사: 근거 부족 · **스테로이드 주사는 힘줄 파열·괴사 위험 — 쓰지 않는다**
- 수술은 거의 하지 않으며, 해도 이전 퍼포먼스 복귀를 보장하지 못한다

HANYANG UNIVERSITY MEDICAL CENTER

PREVENTION

세 가지 기전을 거꾸로 돌리면, 그것이 예방이다

턴아웃은 고관절에서
발을 고정하고 무릎을 비틀어 180°를 만들지 않는다. 자기 고관절이 허락하는 만큼의 턴아웃이 '내 턴아웃' — 성장기와 급성장 시기에 특히 교사가 지켜봐야 한다

착지는 부드럽게, 무릎은 발 위에
고관절과 무릎을 굽혀 충격을 흡수하고, 무릎이 안으로 꺾이거나 뒤로 잠기지 않게. 피로할 때 착지가 무너진다 — 클래스 끝 점프 콤비네이션이 가장 위험한 시간

허벅지 뒤·엉덩이를 키운다
뻣뻣한 허벅지 앞과 약한 햄스트링·둔근은 착지 충격을 슬개건과 무릎 속으로 보낸다. 고관절 바깥·뒤쪽 근육과 균형을 맞추는 보충 훈련을 주 2회 이상

바닥·신발·부하·회복
딱딱한 바닥과 쿠션 없는 슈즈는 충격을 그대로 무릎으로 보낸다. 공연 전 부하 급증을 관리하고, 수면과 에너지 섭취를 지키는 것 — 오늘 첫 세션 'Dancers' Health'와 같은 이야기

HANYANG UNIVERSITY MEDICAL CENTER

TAKE-HOME MESSAGES

무용수의 무릎, 다섯 가지만 기억하십시오

1. 무릎은 **턴아웃 · 플리에 · 착지** 세 동작에서 다친다 — 기전을 알면 진단도, 예방도 보인다
2. 전방십자인대는 드물지만 **점프 후 한 발 착지**에서 다친다. '뚝' 소리·붓기·빠지는 느낌이면 멈추고 검사
3. 치료는 손상 크기가 아니라 **'어디까지 돌아가고 싶은가'**가 정한다. 수술은 시작이고 결과는 9개월의 재활이 가른다
4. 반월연골판은 **잘라내지 말고 꿰매고**, 슬개건은 **쉬지 말고 알맞게 써라** — 둘 다 긴 커리어 쪽의 선택
5. 복귀는 날짜가 아니라 **시간 · 무릎 상태 · 기능 · 마음** 네 기준으로, 바에서 무대까지 단계를 교사·안무가와 공유

HANYANG UNIVERSITY MEDICAL CENTER

THANK YOU FOR YOUR ATTENTION









김기천

학력

한양대학교 의학과 학사

한양대학교 의학대학원 석사

한양대학교 의학대학원 박사

주요 경력

제주 유나이티드 FC 책임 주치의 : 2010-01-01 ~ 2012-03-31

2015 타오위안아시아태평양농아인경기대회 주치의 : 2015-10-03 ~ 2015-10-09

KSSM & JSCSM Travelling fellowship : 2018-10-29 ~ 2018-11-04

대한 스포츠의학회 : 국제위원회 간사 2017~2018

IOWA 주립대학 정형외과 연수 : 2022.1 ~ 2022. 12

2023년 투어 주치의 활동이력 : 2023-04-06 ~07 롯데렌터카 여자오픈

2024년 투어 주치의 활동이력 : 2024-10-25 서울 경제 레이디스 클래식

2025년 투어 주치의 활동이력 : 2025-08-16~17 메디힐 · 한국일보 챔피언십

2026년 투어 주치의 활동이력 : 2026-08-15 메디힐 · 한국일보 챔피언십

2025~2026. 대한스포츠의학회 스포츠 트레이너(Sports & Athletic Trainer) 팀장

2026년 : 장애인 육상 등급 분류사

현재 소속 및 직위

서울의료원 정형외과 과장 (2013~)

대표논문

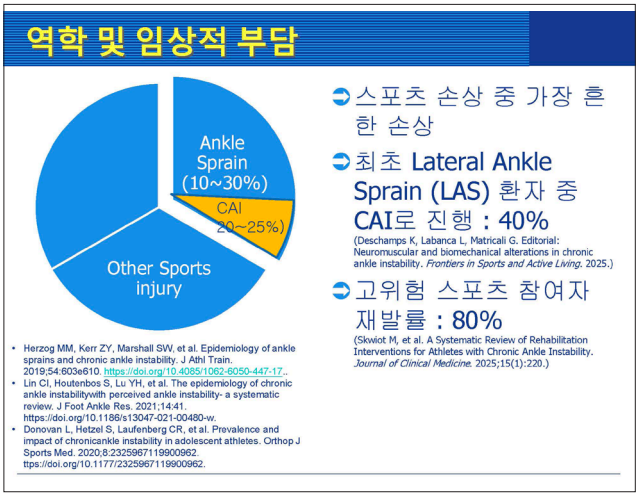
1. The preliminary report about the modified supramalleolar tibial osteotomy for asymmetric ankle osteoarthritis. Koo JW, Park SH, Kim KC, Sung IH.J Orthop Surg (Hong Kong). 2019 Jan-Apr;27(1):2309499019829204. doi: 10.1177/2309499019829204
2. FactorsAssociatedWithRecurrentFifthMetatarsalStressFracture.FootandAnkleInternational.Kyung-tai Lee, MD, PhD, Young-uk Park, MD, PhD, Hyuk Jegal, MD, KiChunKim,MD,Ki-wonYoung,MD,PhD,Jin-suKim,MD,PhD,1645-1653,Nov,2013
3. Midterm Outcome of Modified Kidner Procedure. Foot and Ankle International. Kyung Tai Lee, MD ; KiChunKim,MD; YoungUkPark,MD;

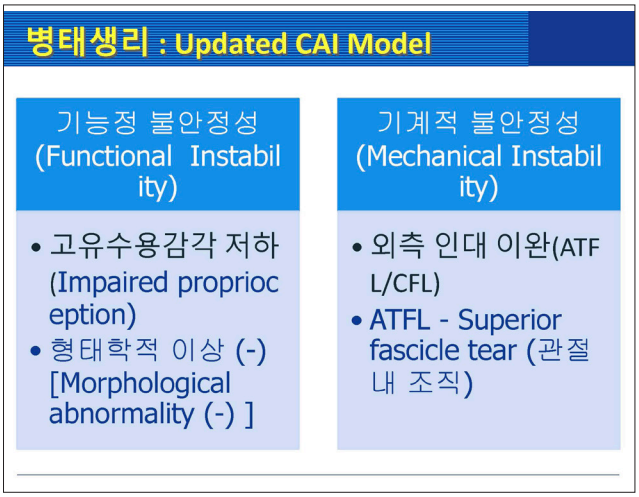
Ankle Update: 만성 발목 불안정성의 진단과 치료 전략

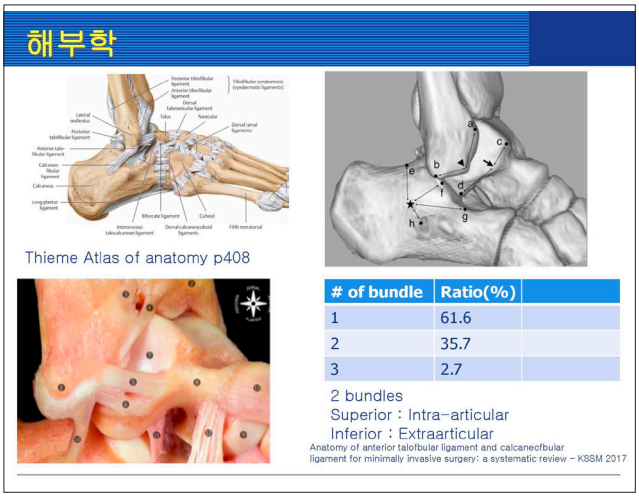
서울의료원

김기천









병태생리 : Updated CAI Model

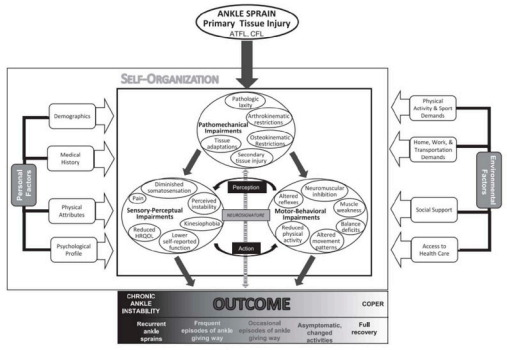


Figure 1. The updated model of chronic ankle instability (CAI). The outcome is determined at least 12 months after the initial ankle sprain.
Abbreviations: ATFL, anterior talofibular ligament; CFL, calcaneofibular ligament; HRQOL, health-related quality of life.

Hertel J, Corbett RO. An updated model of chronic ankle instability. J Athl Train.2019;54:572e588.
https://doi.org/10.4085/1062-6050-344-18.

CAI : 진단 기준, 조작적 정의

- 최소 1회 이상의 유의한 LAS 병력(염증 증상 동반, 활동 제한 ≥1일, 최소 12개월 경과)
- 최근 6개월 이내 반복적인 'giving-way' 또는 재발성 염좌 ≥2회
- Cumberland Ankle Instability Tool(CAIT) < 24~25점
- Foot and Ankle Ability Measure(FAAM) : ADL < 90%, Sports < 80%

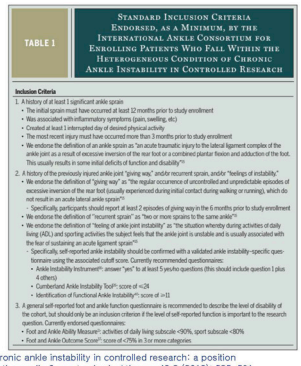


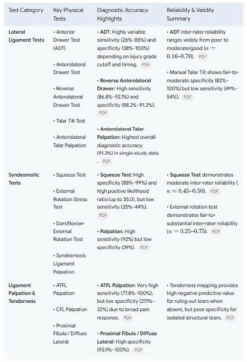
TABLE 1 Standard Inclusion Criteria Endorsed, as a Minimum, by the International Ankle Consortium for Enrolling Patients Who Fall Within the Heterogeneous Condition of Chronic Ankle Instability in Controlled Research

Inclusion Criteria

1. A history of at least 1 significant ankle sprain
   - The initial sprain must have occurred at least 12 months prior to study enrollment
   - Was associated with inflammatory symptoms (pain, swelling, etc)
   - Created at least 1 interrupted day of desired physical activity
   - The most recent injury must have occurred more than 3 months prior to study enrollment
   - We endorse the definition of an ankle sprain as "an acute traumatic injury to the lateral ligament complex of the ankle joint as a result of excessive inversion of the rear foot or a combined plantar flexion and adduction of the foot. This usually results in some initial deficits of function and disability"[3]
2. A history of the previously injured ankle joint "giving way," and/or recurrent sprain, and/or "feelings of instability."
   - We endorse the definition of "giving way" as "the regular occurrence of uncontrolled and unpredictable episodes of excessive inversion of the rear foot (usually experienced during initial contact during walking or running), which do not result in an acute lateral ankle sprain"[3]
     - Specifically, participants should report at least 2 episodes of giving way in the 6 months prior to study enrollment
   - We endorse the definition of "recurrent sprain" as "two or more sprains to the same ankle"[4]
   - We endorse the definition of "feeling of ankle joint instability" as "the situation whereby during activities of daily living (ADL) and sporting activities the subject feels that the ankle joint is unstable and is usually associated with the fear of sustaining an acute ligament sprain"[4]
     - Specifically, self-reported ankle instability should be confirmed with a validated ankle instability–specific questionnaire using the associated cutoff score. Currently recommended questionnaires:
     - Ankle Instability Instrument[4]: answer "yes" to at least 5 yes/no questions (this should include question 1 plus 4 others)
     - Cumberland Ankle Instability Tool[5]: score of ≤24
     - Identification of Functional Ankle Instability[41]: score of ≥11
3. A general self-reported foot and ankle function questionnaire is recommended to describe the level of disability of the cohort, but should only be an inclusion criterion if the level of self-reported function is important to the research question. Currently endorsed questionnaires:
   - Foot and Ankle Ability Measure[6]: activities of daily living subscale <90%, sport subscale <80%
   - Foot and Ankle Outcome Score[42]: score of <75% in 3 or more categories

Gribble, Phillip A., et al. "Selection criteria for patients with chronic ankle instability in controlled research: a position statement of the International Ankle Consortium." *Journal of orthopaedic & sports physical therapy* 43.8 (2013): 585-591.

이학적 검사 / 영상검사



Test Category	Key Physical Tests	Diagnostic Accuracy Highlights	Reliability & Validity Summary
Lateral Ligament Tests	• Anterior Drawer Test (ADT) • Anterolateral Drawer Test • Reverse Anterolateral Drawer Test • Talar Tilt Test • Anterolateral Talar Palpation	• ADT: Highly variable sensitivity (26%–85%) and specificity (38%–92%) depending on injury grade cutoff and timing. • Reverse Anterolateral Drawer: High sensitivity (86.8%–92%) and specificity (88.2%–91.2%). • Manual Talar Tilt shows fair-to-moderate specificity (82%–100%) but low sensitivity (49%–54%). • Anterolateral Talar Palpation: Highest overall diagnostic accuracy (91.3%) in single-study data	• ADT inter-rater reliability ranges widely from poor to moderate/good (κ = 0.16–0.76). • Manual Talar Tilt shows fair-to-moderate specificity (82%–100%) but low sensitivity (49%–54%).
Syndesmotic Tests	• Squeeze Test • External Rotation Stress Test • Dorsiflexion-External Rotation Test • Syndesmosis Ligament Palpation	• Squeeze Test: High specificity (88%–99%) and high positive likelihood ratio (up to 35.0, but low sensitivity (25%–44%). • Palpation: High specificity (92%) but low specificity (29%).	• Squeeze Test demonstrates moderate inter-rater reliability (κ = 0.45–0.58). • External rotation test demonstrates fair-to-substantial inter-rater reliability (κ = 0.25–0.73).
Ligament Palpation & Tenderness	• ATFL Palpation • CFL Palpation • Proximal Fibula / Diffuse Lateral	• ATFL Palpation: Very high sensitivity (73.8%–100%), but low specificity (27%–32%) due to broad pain response. • Proximal Fibula / Diffuse Lateral: High specificity (93.9%–100%).	• Tenderness mapping provides high negative predictive value for ruling out tears when absent, but poor specificity for isolated structural tears.

Beynon A, Le May S, Theroux J. Reliability and validity of physical examination tests for the assessment of ankle instabilit. Chiropr Man Ther. 2022;30:56. https://doi.org/10.1186/s12998-022-00470-0..

- Stress radiography





Diagnosis and Comorbidity of Chronic Ankle Instability-JFAS-2018

- Sensitivity : 57%

Is stress radiography necessary in the diagnosis of acute or chronic ankle instability? (Systematic review, DARE).
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK67595/

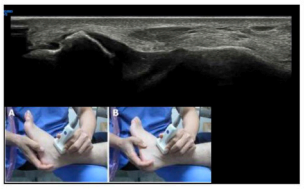
- Subtalar instability
  - 25% of CAI



Instability of the subtalar joint. Diagnosis by stress tomography in three cases. JBJS-Am 1977

Stress US

Cho, J. H., Lee, D. H., Song, H. K., Bang, J. Y., Lee, K. T., & Park, Y. U. (2015). Value of stress ultrasound for the diagnosis of chronic ankle instability compared to manual anterior drawer test, stress radiography, magnetic resonance imaging, and arthroscopy. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *24*(4), 1022-1028. https://doi.org/10.1007/s00167-015-3828-9 Cited by: 132



Evaluation of the Anterior Talofibular Ligament via Stress Sonography in Asymptomatic and Symptomatic Populations

Daniel J. Mizrahi, MD, Levon N. Nazarian, MD, Laurence Parker, PhD

J Ultrasound Med 2018; 37:1957–1962

- 20 Asx (M : 10/ F:10) Vs 34 Pts

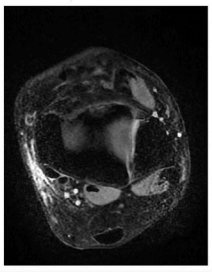
Table 3. Comparison of Mean ATFL Length at Neutral, Stress, and the Difference Between Neutral and Stress in the Symptomatic and Asymptomatic Groups With *P* Values (*t* Test)

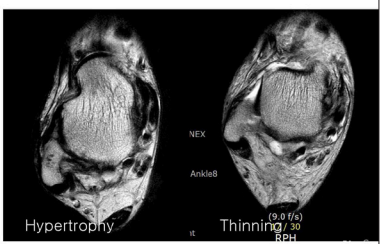
	Asymptomatic, mm	Symptomatic, mm	*P*
Neutral	18.12	17.22	.07
Stress	18.56	18.48	.88
Difference	0.44	1.26	<.0001

- Lax and wavy ATFL
  - Resting : 2.1 ± 0.2 ㎝
  - Stress : 2.8 ± 0.3 ㎝

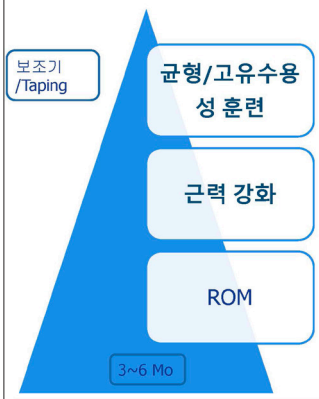
MRI

- F/26
  - O) : 2021-08-28
  - C) slip down
  - 예전에도 자주 삐었다





보존적 치료 및 재활



- Whole-Body Vibration : 전신 진동 자극을 통한 신경근 활성화
- Stroboscopic Vision Training : 시각 제한 하 감각운동 통합 훈련
- Blood-Flow Restriction (BFR) : 저강도 부하 하 근력·기능 회복 촉진
- Dynamic Neuromuscular Stabilization : 코어-원위부 연계 신경근 조절 훈련

중추 신경계 (CNS), 감각운동 적응

Chronic Ankle Joint Instability Induces Ankle Sensorimotor Dysfunction

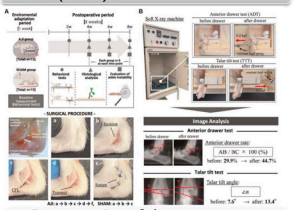
A Controlled Laboratory Study

Sora Kawabata,*† MS, Kaichi Ozone,*‡ PhD, Yuki Minegishi,*§ PhD, Yuichiro Oka,‖ PhD, Hidenobu Terada,* BS, Chiharu Takasu,* BS, Takuma Kojima,* BS, Takuma Kano,* PhD, Naohiko Kanemura,¶ PhD, and Kenji Murata,*# PhD

Investigation performed at Graduate School of Saitama Prefectural University, Saitama, Japan

The American Journal of Sports Medicine, 52(3), 739–749.

- Rat (N=30) :



- Degeneration of the mechanoreceptors in the ATFL
- ↓ mechanosensitivity of the sensory neurons

ORIGINAL RESEARCH article

Front. Hum. Neurosci., 26 January 2026

Sec. Motor Neuroscience

Patients with chronic ankle instability exhibit increased sensorimotor cortex, dorsolateral prefrontal cortex, and superior temporal gyrus activation during single-leg stance: a functional near-infrared spectroscopy study

- CAI : N=30
- Cortical activity in the sensorimotor cortex (SMC), dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC), and superior temporal gyrus (STG)
- VAS/Cumberland Ankle Instability Tool

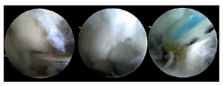


- CAI : lower balance ability, greater COM
- ↑ bilateral activation in brain regions, regardless of limbs

수술적 치료

구분	Open Modified Brostrom-Gould	Arthroscopic Brostrom(-Gould)	Internal Brace Augmentation
개념	표준적 개방적 외측 인대 해부학적 봉합술 (Gold standard)	관절경 유도 하 봉합 동반 관절내 병변 동시 처치	FiberTape 등으로 봉합부 기계적 보강
임상 경과	장기간 우수한 결과 (기능평가 점수 유의한 개선)	개방술과 유사한 결과 (비열등)	관절경/개방술과 유사~비열등한 결과
술후 처치	표준 재활 프로토콜	표준 ~ 조기	표준 ~ 조기 (체중부하)





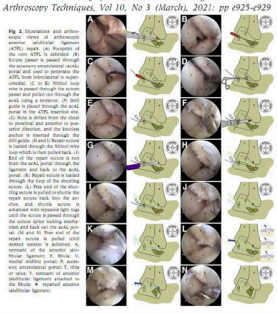
Minimal Access & A/S Reconstruction

Technical Note

All-Inside Arthroscopic Anatomic Anterior Talofibular Ligament Repair for Anterolateral Ankle Instability Using a Knotless Suture Anchor, Allowing for Tension Adjustment

Sung Hyun Lee, M.D., and Je Hoon Yang, M.D.

Arthroscopy Techniques, Vol 10, No 3 (March), 2021: pp e925-e929

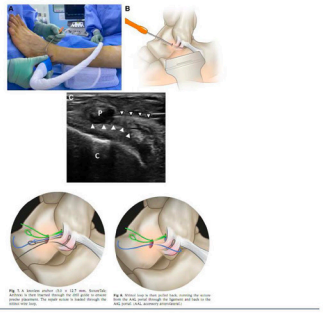


Technical Note

AURA: Arthroscopic Ultrasound-Assisted All-Inside Repair of Lateral Ankle Ligament

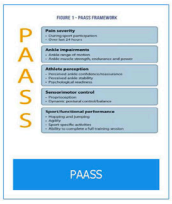
Younguk Park, M.D., Ph.D., and Young Wook Seo, M.D.

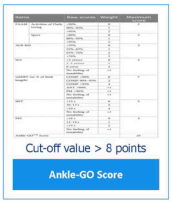
Arthroscopy Techniques, Vol 14, No 4 (April), 2025: 103300

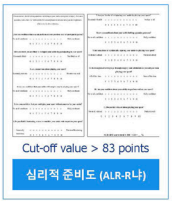


Return to Play (RTP)

- 한계점
  - 표준화된 객관적 RTP 기준, 근거의 부재
  - 주로 ' 시간 경과 ' 중심의 복귀 결정
  - CAI뿐 아니라 LAI도 consensus 부재
- 방향 : 근거 기반 프레임워크







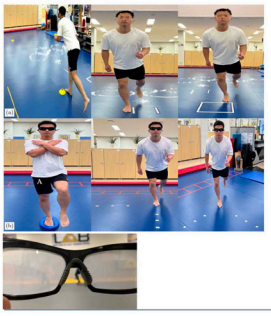
Tailored Sensorimotor Rehabilitation & Stroboscopic Training

EFFECTS OF BALANCE TRAINING WITH STROBOSCOPIC GLASSES ON JOINT POSITION SENSE, POSTURAL STABILITY, AND FUNCTIONAL PERFORMANCE TESTING IN CHRONIC ANKLE INSTABILITY NATIONAL ATHLETES: A SINGLE-BLINDED RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL

Journal of Mechanics in Medicine and Biology
Vol. 24, No. 8 (2024) 2440040 (16 pages)

© The Author(s)

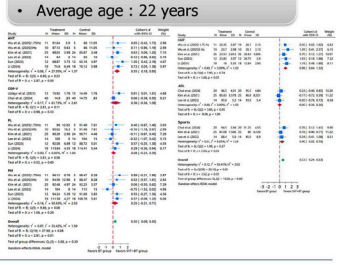
DOI: 10.1142/S0219519424004012



Stroboscopic visual training combined with balance exercises for chronic ankle instability: a systematic review and meta analysis

Yuanyuan Luo[1,2], Xinjie Zhang[1], Shuailan Li[3], Yingying Cao[4], Xinliang Pan[3] and Denise Kohl[5]*

- 7 RCT : 235 participants
- 149 males and 86 females
- Average age : 22 years



Thank you !

감사합니다 !



제갈혁

학력

한양대학교 의과대학 의학과 학사

주요 경력

국립현대무용단 자문의

(재) 전문무용수지원센터 무용재활트레이너 양성과정 전문강사

유니버셜발레단 줄리아발레아카데미 주치의

여자청소년핸드볼 세계선수권대회 국가대표팀 팀닥터 2018

대한정형외과 초음파학회 학술위원

현재 소속 및 직위

본본정형외과 대표원장

대표논문

1. Jegal H, Park YU, Kim JS et al. Accessory navicular syndrome in athlete vs general population. Foot Ankle Int. 2016.
2. Lee KT, Jegal H, Kim KC et al. Conservative treatment of refractures after modified tension band wiring of fifth metatarsal base stress fractrues in athletes. J Orthop Surg. 2020.
3. Lee KT, Jegal H, Kim SJ. Return to play after open calcaneoplasty for insertional achilles tendinopathy with haglund deformity in competitive professional athletes. Orthop J Sports Med. 2021.

Foot Update: 장무지굴근 건염(FHL) 및 후방 충돌 증후군

부천 본본정형외과
제갈혁

1. 서론

발목 후방 충돌 증후군(posterior ankle impingement syndrome, PAIS)은 최종 족저굴곡 시 발목 후방에 통증이 유발되는 질환군으로, 경골 후연과 종골 사이의 압박 또는 후방 골·연부조직의 미세 움직임이 원인이다. 극단적이고 반복적인 족저굴곡(en pointe, demi-pointe)이 요구되는 발레무용수에서 특히 흔하며, 대부분 급성 외상 없는 과사용 질환이지만 발목 내번 손상 후에도 발생한다 PAIS는 단일 병변인 경우가 드물고, 그중 장무지굴곡건(flexor hallucis longus, FHL) 병변이 가장 중요한 주범이다[2]. 본 발표는 FHL 건초염과 삼각골(os trigonum)을 중심으로 병태생리, 진단, 치료 및 무대 복귀까지를 정리하였다.

2. 해부와 병태생리

FHL과 retrotalar pulley. FHL은 거골 후방 내측·외측 결절 사이의 fibro-osseous tunnel을 지나며, 치밀한 섬유띠인 retrotalar pulley가 건을 안정화하고 방향을 유도한다.

동적 충돌(dynamic impingement). 반복적 최대 족저굴곡에서 FHL의 주행 방향이 급격히 바뀌면, 움직이는 건과 고정된 pulley 사이에 압박·전단력이 증가하여 건–활막 사이 염증, 미세외상(fraying, 부분 마모)을 거쳐 충돌이 발생한다.

정적 병변(stenosing tenosynovitis). 만성 마찰은 활막 비후·염증·부종과 섬유성 유착을 일으켜 de Quervain 병과 유사한 터널 내 협착성 건초염으로 진행한다.

동반 병변. 만성 발목 불안정성(CAI)에서는 내번과 거골 전방전위로 후방 충돌이 증가하고, 이차 동적 안정자인 FHL의 보상적 과사용이 겹쳐 양방향 악순환이 형성된다. 아킬레스건병증에서는 배굴 제한과 부하 이전으로 FHL 과활동과 제1 MTP 관절 과굴곡이 생긴다. 만성 외측 인대 손상이 있는 운동선수는 os trigonum 증후군으로 수술받을 위험이 유의하게 높다 [1].

삼각골. 거골 외측결절 후방 2차 골화 중심이 유합되지 않은 accessory ossicle(유합 실패 약 7~11%, 대부분 무증상)이다. 메타분석에서 유병률은 X-ray 8.2%, MRI 24.2%, CT 21.0%이며 [4], 무증상 프로 발레무용수의 MRI에서도 삼각골 8%, Stieda 돌기 13%가 확인되므로 [5] 존재만으로 증상이 생기지는 않는다. 삼각골은 ① 후방 공간을 점유해 pulley 충돌을 악화시키고, ② 경골–삼각골 사이 후방 관절낭·인대를 충돌시키며, ③ 경골과 종골 사이 nutcracker 기전으로 골–골 충돌과 stress reaction을 일으키는 '악화인자이자

공동 주연'이다.

3. 임상 증상 및 진단

발목 후내측 통증이 releve, en pointe, tendu, demi/grand plie, 점프·착지 시 나타나며, 활동과 연관되고 미묘하여 간과되기 쉽다. clicking·catching, functional hallux limitus, 후외측 통증이 동반될 수 있고, 무용수가 통증을 아킬레스건 불편감으로 오인하기도 하므로 통증 위치를 정확히 확인해야 한다 [1]. 진단은 임상적으로 하며 후내측 압통, Thomasen sign(발목 족저굴곡+제1 MTP 배굴 시 통증 없음, 발목 배굴+제1 MTP 배굴 시 통증 유발), FHL stretch test(발목·제1 MTP 배굴 < 10°이면 fibro-osseous tunnel 내 FHL 포착), pointe provocation test(족저굴곡 시 통증, 삼각골 시사)를 이용한다.

영상. X-ray는 demi-pointe 위치에서 골 접근과 삼각골·Stieda 돌기의 크기를 평가하며, 약 25° 외회전 lateral과 최대 족저굴곡 lateral view가 검출과 골성 충돌 확인에 도움이 된다. MRI는 삼각골·Stieda 돌기, 스트레스 손상, 연부 종괴·활막 비후와 충돌 구조물의 부종·염증을 평가하나, 골수 부종은 무증상 무용수에서도 흔하므로 임상 소견과 반드시 대조한다 [1,5]. 동적 초음파로는 중립 위치에서의 건 waviness, 동적 활주 장애(gliding dysfunction), 액체 저류를 확인할 수 있다.

4. 보존적 치료

치료 원칙은 마찰 감소, 활주 회복, 건 부하 감소이다. 활동 조절(en pointe·releve 제한, 근력운동 용량 조절), 생역학적 unloading(전족부 과부하 감소, 족부 내재근 강화), 저부하 건 스트레칭, 약물, 물리치료, 주사를 시행한다.

스트레칭 프로토콜: 작은 책 위에서 제1 MTP 배굴 + 무릎을 굽힌 채 발바닥을 지면에 붙인 발목 배굴, 30초 × 3회, 하루 3~4회, 6주. 발표에서 인용한 연구에서 보존치료로 수술을 피한 비율은 44%(180/409)였고 스트레칭을 시행한 군에서 수술 회피율이 크게 높았다.

보존치료에는 RCT가 없고 case series에서 성공률 약 60~75%가 보고되었다 [1]. 젊은 trainee 발레무용수 12명 중 9명이 호전되었고, 불량한 3명은 모두 삼각골이 있는 6명의 하위군에 속해 삼각골이 보존치료 저항성과 관련될 수 있음을 시사한다 [7]. Corticosteroid 주사는 무용수 11명에서 2주 후 NRS 중앙값을 9.0에서 3.0으로 낮췄으나 건 파열 위험이 있어 FHL 주변 주사는 권장되지 않는다. 재활기에는 gastrocnemius 활성을 줄이기 위해 무릎을 굴곡한 상태에서 후경골근·비골근 등 deep muscle을 강화한다 [1,7].

5. 수술적 치료

최소 3개월 이상의 보존치료를 시행해도 통증·기능 제한이 지속되면 수술을 고려할 수 있으며, 제1족지 ROM 시 triggering이 있거나 삼각골·low-lying muscle belly·낭종 등 원인 병변, CAI 동반 여부에 따라 결정한다. 조기 복귀가 우선이거나 보존치료 성공 가능성이 낮은 병변은 더 일찍 고려할 수 있다. 접근법은 병변에 따라 선택한다.

수술 접근	적응 · 장점	주의점 · 합병증
Posterolateral (open)	후방 충돌 병변(삼각골·Stieda 돌기)만 있을 때, 삼각골까지 가장 짧은 접근	FHL release 시 posterior tibial neurovascular bundle 손상 위험(비권장), sural nerve 합병증 최대 20%
Posteromedial (open)	FHL 단독 또는 FHL + 충돌 병변 동반 시, FHL 노출 우수 → FHL release와 골 절제 동시 시행	Neurovascular bundle 견인·보호 필요, 합병증 약 10%(대부분 표재 감염·keloid 등 경미)
Arthroscopic	Prone, 4-stage visualization으로 동반 병변을 확대 시야에서 평가·치료, retinaculum/fibro-osseous tunnel release, ROM 확인	합병증 2.83~8%로 낮으나 술기 난이도·가파른 learning curve, 동반 FHL 병변 접근이 제한적일 수 있음

수술 성적. 열린 수술과 내시경 모두 기능·통증·만족도를 개선한다. 무작위 시험에서 AOFAS 점수는 열린 수술 66.15→87.50, 내시경 65.81→92.38로 내시경 군이 유의하게 높았고($p<0.05$) [10], excellent/good 비율은 열린 수술 90%, 내시경 79%였다 [8]. 합병증은 내시경 2.83~8%, 열린 수술 10.3~24%였다. 완전 복귀까지 기간은 메타분석에서 열린 수술 10.8주, 내시경 9.1주로 유의차가 없었으나 [9], 운동선수 52명 RCT에서는 7.12주 대 11.54주 [10], 고수준 발레무용수에서는 69일 대 105일로 내시경이 빨랐다 [3]. 관절경 수술 후 복귀는 무용수 6~8주, 축구선수 4~6주였다 [11].

6. 무대 복귀와 재발 예방

'복귀'의 정의는 연구마다 달라 barre 지지 운동 시작, 정규 클래스 복귀, 무통 en pointe 공연 등 단계별로 구분해야 하며, Dance Functional Outcome Survey 같은 검증된 평가도구가 필요하다 [1,6]. 발표에서는 Pointe Functional Tests로 회전 조절(Topple test: 단일 pirouette 성공), 하지 안정성(Airplane test: 5회 중 4회 초과 성공), 점프·착지 능력(Saute test: 16회 중 8회 초과 성공)을 복귀 기준으로 제시한다 [12]. 준비되지 않은 상태의 en pointe는 PAIS의 위험 인자이므로, 연령·족저굴곡 ROM·core 및 하지 근력·신경근 조절을 포함한 신체 기능 평가와 재발 예방 중재가 수술 후 관리에 포함되어야 한다 [1].

7. 결론

PAIS의 FHL 병변은 retrotalar pulley에서의 마찰 충돌에서 시작해 협착성 건초염으로 진행하는 경우가 많고, 삼각골은 이를 악화시키는 공동 주연이다. 1차 치료는 활주 회복과 부하 조절(stretching·strengthening, ESWT, 주사)을 목표로 한 보존치료이며, 실패 시 감압과 동반 병변 처치를 위한 수술(posterolateral은 삼각골 최단 접근, posteromedial은 FHL 시야 우수, 관절경은 동반 병변 확인)을 시행한다.

Keywords

posterior ankle impingement, flexor hallucis longus, os trigonum, ballet dancer, endoscopic surgery

참고문헌

1. Katakura M, Kennedy JG, Calder JDF. Posterior ankle impingement syndrome in dancers. J Orthop Foot Ankle Sci. 2026;1(2):30-8.
2. Ribbans WJ, et al. The management of posterior ankle impingement syndrome in sport: a review. Foot Ankle Surg. 2015;21(1):1-10.
3. Roche AJ, Calder JDF, Lloyd Williams R. Posterior ankle impingement in dancers and athletes. Foot Ankle Clin. 2013;18(2):301-18.
4. Preinl M, et al. Prevalence and clinical aspects of os trigonum: a meta-analysis. Anat Sci Int. 2025;100(3):287-97.
5. Katakura M, et al. Foot and ankle MRI findings in asymptomatic professional ballet dancers. Orthop J Sports Med. 2024;12(8).
6. Rietveld ABM, et al. Results of treatment of PAIS and FHL tendinopathy in dancers: a systematic review. J

Dance Med Sci. 2018;22(1):19-32.
7. Albisetti W, et al. Clinical evaluation and treatment of posterior impingement in dancers. Am J Phys Med Rehabil. 2009;88(5):349-54.
8. Rietveld ABM, Hagemans FMT. Operative treatment of PAIS and FHL tendinopathy in dancers: open versus endoscopic approach. J Dance Med Sci. 2018;22(1):11-8.
9. Zwiers R, et al. Open versus endoscopic surgical treatment of posterior ankle impingement: a meta-analysis. Am J Sports Med. 2022;50(2):563-75.
10. Georgiannos D, Bisbinas I. Endoscopic versus open excision of os trigonum in an athletic population: a randomized controlled study. Am J Sports Med. 2017;45(6):1388-94.
11. Guo QW, et al. Open versus endoscopic excision of a symptomatic os trigonum: a comparative study of 41 cases. Arthroscopy. 2010;26(3):384-90.
12. Coetzee JC, et al. Management of posterior impingement in the ankle in athletes and dancers. Foot Ankle Int. 2015;36(8):988-94.



심포지엄 11: 스포츠 현장에서 빈번한 만성 건병증 관리 최신 지견
Symposium 11: Chronic Tendinopathy in Sports Fields

좌장: 네온정형외과 박진영, 서원대학교 임승길

전형규

학력

인천대학교 운동건강학부 학사

연세대학교 일반대학원 체육학과 석사

연세대학교 일반대학원 체육학과 박사

주요 경력

전) 동국대학교 스포츠과학융합연구소 연구교수

전) 연세대학교 체육학과 박사후연구원

전) 터키 삼순 청각장애인 올림픽 축구대표팀 트레이너

현재 소속 및 직위

강남대학교 체육학과 조교수

대표논문

1. Altered Knee Joint Loading in Patients with Chronic Ankle Instability during Running. BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation. 2026
2. Altered Energy Dissipation Patterns and Increased Ground Reaction Force in Patients with Chronic Ankle Instability After Fatiguing Exercises, Journal of Biomechanics. 2026.
3. Kinematic and kinetic characteristics of individuals with coping lateral ankle sprain during landing and walking/running tasks: A systematic review with meta-analysis. Clinical biomechanics. 2025.

만성 건병증의 발생 기전과 조직의 부하 수용력의 이해

강남대학교
전형규

건병증(tendinopathy)은 기계적 부하와 관련된 지속적인 건 통증과 기능 상실로 정의된다(Scott et al., 2020). 팀 스포츠 선수의 8시즌 손상 기록에서 전체 손상의 22%를 차지할 만큼 흔하지만(Florit et al., 2019), 증상이 심한 경우에만 경기에 결장하기 때문에 결장 여부로 손상을 집계하는 기존 방식으로는 잘 드러나지 않는다. 실제로 풋볼 선수의 21.5%가 아킬레스건 증상을, 25.2%가 슬개건 증상을 보고했지만 이 때문에 경기에 결장한 선수는 4.1%에 불과하여(Docking, Rio, Cook, Orchard, & Fortington, 2018), 건병증 증상을 겪는 선수는 손상 통계에 나타난 것보다 훨씬 많을 것으로 추정된다. 또한 아킬레스 건병증 환자의 약 5분의 1은 10년 후에도 증상이 남아 있어(Lagas et al., 2022), 건병증은 장기간 운동수행능력에 영향을 미치는 부상 유형이다. 한 번의 외력으로 발생하는 급성 부상과 달리, 건병증은 반복되는 부하 노출이 건이 견딜 수 있는 부하, 즉 부하 수용력(load capacity)을 넘어설 때 발생한다. 따라서 부하 노출과 부하 수용력의 관계를 이해하는 것은 건병증의 예방과 관리에 중요한 근거가 될 수 있다.

건은 단순히 힘을 전달하는 수동적 구조물이 아니라, 부하가 가해지거나 줄어드는 데 따라 콜라겐의 합성과 분해를 조절하는 대사적으로 활발한 조직이다. 운동 후 콜라겐 합성은 약 24시간에 정점에 이르러 약 3일간 유지되지만, 분해는 그보다 일찍 정점에 이르러 운동 후 18–36시간 동안은 콜라겐이 오히려 감소한다(Magnusson, Langberg, & Kjaer, 2010). 회복 시간이 부족한 상태에서 부하가 반복되면 이 균형이 분해 쪽으로 기울고, 손상은 증상 없이 누적될 수 있다. 건 병리 연속체 모델(continuum model)은 이러한 과정을 반응성(reactive), 회복 실패(dysrepair), 퇴행(degenerative)의 연속된 단계로 설명한다. 퇴행된 부위는 부하를 전달하지 못하므로 남은 정상 조직에 부하가 집중되며, 따라서 재활의 목표는 손상 부위의 회복보다 남은 정상 조직의 부하 수용력을 높이는 데 있다(Cook, Rio, Purdam, & Docking, 2016).

건의 수용력을 높이려면 운동 중 건에 전달되는 부하의 크기를 이해해야 한다. 아킬레스건과 슬개건은 운동 시 탄성 에너지를 저장했다가 방출하는 대표적인 건으로, 반복적으로 큰 부하를 받는다. 아킬레스건의 평균 변형률은 걷기 3.1%, 달리기 6.5–7.9%, 최대 hop 착지 8.8%로 과제에 따라 단계적으로 커진다(Devaprakash et al., 2022). 최고 부하, 충격량, 부하 속도를 종합한 부하 지수로 분류하면 일반 재활 운동이 가장 낮고 걷기와 달리기 순으로 높아지며, 외발 hopping과 drop jump가 가장 높다(Baxter, Corrigan, Hullfish, O'Rourke, & Silbernagel, 2021). 걷기와 최대하 달리기는 건에 부하를 자주 주지만, 건의 적응을 일으키는 것으로 알려진 약 4.5% 이상의 변형률은 한 걸음당 약 90 ms 동안만 나타나 건을 강화하기에는 충분하지 않다(Kharazi, Bohm, Theodorakis, Mersmann, & Arampatzis,

2021). 달리기에서는 1회 부하보다 걸음 수만큼 쌓이는 누적 부하가 더 중요하며, 이 부하는 운동 수행 방식에 따라 조절될 수 있다. 달리기 속도를 높이면 아킬레스건 부하가 커지고(Devaprakash et al., 2022; Kharazi et al., 2021), 케이던스를 10% 높이면 최대 슬개건 힘은 약 11% 감소한다(Lenhart, Thelen, Wille, Chumanov, & Heiderscheit, 2014). 즉, 운동 과제와 수행 방식의 선택은 건에 전달되는 부하를 조절하는 직접적인 수단이다.

부하 수용력이란 통증이 심해지거나 조직이 손상되지 않으면서, 운동이나 일상생활에 필요한 부하를 필요한 만큼 반복해서 견딜 수 있는 능력을 말한다(Cook & Docking, 2015). 건의 수용력을 높이는 핵심 변수는 수축 형태가 아니라 부하 강도이다. 건강한 성인을 대상으로 한 메타분석에서 12주 안팎의 훈련 후 건 강성은 MVIC의 70%를 넘는 고강도 부하에서 증가하였으며, 이러한 증가는 단면적의 증가보다 탄성계수의 증가에 기인하였다(Bohm, Mersmann, & Arampatzis, 2015). 개별 중재 연구에서는 약 4.5–6.5%의 변형률을 약 3초씩 반복하는 부하가 효과적이었다(Arampatzis, Karamanidis, & Albracht, 2007; Bohm, Mersmann, Tettke, Kraft, & Arampatzis, 2014). 이 범위는 분리된 건 조직에서 미세 손상이 시작되는 변형률(4% 이상)과 가까워(Wang, 2006), 건 훈련에서는 부하 강도와 회복 시간을 함께 고려해야 한다. 또한 근육과 건은 적응 속도가 다름을 이해해야 한다. 청소년 엘리트 배구선수는 같은 나이의 비훈련 청소년보다 무릎 신전 근력과 슬개건 강성이 모두 높았지만, 건에 걸리는 힘이 강성보다 더 크게 증가하여 최대 수축 시 건 변형률(8.0% vs 6.4%)이 더 컸다(Mersmann, Charcharis, Bohm, & Arampatzis, 2017). 즉, 근력이 빠르게 향상되어 건이 감당해야 할 힘은 커졌지만 건이 그만큼 강해지지 못하면, 건은 수용력을 넘는 부하를 받게 된다. 반대로 90일간의 비사용은 건 강성을 58% 감소시켰다(Reeves, Maganaris, Ferretti, & Narici, 2005). 이처럼 건의 수용력은 고정된 수치가 아니라 훈련 부하에 따라 변화될 수 있다.

건의 수용력이 훈련 부하에 따라 변한다면, 증상이 있는 건에서도 부하를 중단하기보다 조절하는 것이 중요하다. 부하 조절의 기준으로는 운동 중, 운동 직후, 다음 날 아침의 통증이 10점 중 5점을 넘지 않고 통증과 뻣뻣함이 주 단위로 악화되지 않는지를 확인하는 통증 모니터링 모델이 활용된다(Silbernagel & Crossley, 2015). 이 모델을 적용하여 처음 6주 동안 달리기와 점프를 계속한 아킬레스 건병증 환자는 같은 기간 이를 중단한 환자와 비교하여 12개월 후 증상과 기능의 개선 정도에 차이가 없었다(Silbernagel, Thomeé, Eriksson, & Karlsson, 2007). 부하 운동의 효과는 초음파에서 관찰되는 건 두께나 혈류 신호의 변화보다 근력, 일량, 지구력과 같은 신경근 수행력의 향상과 일관되게 관련되었다(Malliaras, Barton, Reeves, & Langberg, 2013). 운동 방법으로는 고강도 저속 저항운동이 신장성 운동과 효과가 비슷하면서 운동 참여율이 더 높았으며(Beyer et al., 2015), 최근 임상진료지침도 완전한 휴식을 권하지 않고 견딜 수 있는 범위에서 가능한 높은 부하를 1차 치료로 권고하고 있다(Chimenti et al., 2024).

건병증에서 부하는 발생 원인이자 건을 강화하는 수단이다. 따라서 건 재활과 훈련은 운동 과제별로 건에 전달되는 부하의 크기를 이해하고, 운동 과제와 수행 방식을 조절하여 그 부하를 현재의 수용력에 맞추며, 충분히 높은 강도의 부하를 회복 시간과 함께 점진적으로 늘리는 과정으로 정리할 수 있다. 이 과정에서 운동 중과 다음 날의 통증 반응은 부하를 조절하는 실용적인 지표가 된다. 다만 건의 적응에 관한 자료는 대부분 건강한 성인에서 얻어진 것으로, 건병증이 있는 건에서도 같은 부하–적응 관계가 성립하는지는 아직 명확하지 않다. 추후 근골격 시뮬레이션과 생체 내 변형률 측정을 통해 운동 과제별 건 부하를 정량화하고 이를 증상 반응과 연결하는 연구가 필요하다.

Arampatzis, A., Karamanidis, K., & Albracht, K. (2007). Adaptational responses of the human Achilles tendon by modulation of the applied cyclic strain magnitude. The Journal of experimental biology, 210(Pt 15), 2743-2753. doi:10.1242/jeb.003814

Baxter, J. R., Corrigan, P., Hullfish, T. J., O'Rourke, P., & Silbernagel, K. G. (2021). Exercise Progression to Incrementally Load the Achilles Tendon. Medicine and science in sports and exercise, 53(1), 124-130.

doi:10.1249/mss.0000000000002459

Beyer, R., Kongsgaard, M., Hougs Kjær, B., Øhlenschlæger, T., Kjær, M., & Magnusson, S. P. (2015). Heavy Slow Resistance Versus Eccentric Training as Treatment for Achilles Tendinopathy: A Randomized Controlled Trial. The American journal of sports medicine, 43(7), 1704-1711. doi:10.1177/0363546515584760

Bohm, S., Mersmann, F., & Arampatzis, A. (2015). Human tendon adaptation in response to mechanical loading: a systematic review and meta-analysis of exercise intervention studies on healthy adults. Sports medicine - open, 1(1), 7. doi:10.1186/s40798-015-0009-9

Bohm, S., Mersmann, F., Tettke, M., Kraft, M., & Arampatzis, A. (2014). Human Achilles tendon plasticity in response to cyclic strain: effect of rate and duration. The Journal of experimental biology, 217(Pt 22), 4010-4017. doi:10.1242/jeb.112268

Chimenti, R. L., Neville, C., Houck, J., Cuddeford, T., Carreira, D., & Martin, R. L. (2024). Achilles Pain, Stiffness, and Muscle Power Deficits: Midportion Achilles Tendinopathy Revision - 2024. The Journal of orthopaedic and sports physical therapy, 54(12), CPG1-CPG32. doi:10.2519/jospt.2024.0302

Cook, J. L., & Docking, S. I. (2015). "Rehabilitation will increase the 'capacity' of your ···insert musculoskeletal tissue here···." Defining 'tissue capacity': a core concept for clinicians. British journal of sports medicine, 49(23), 1484-1485. doi:10.1136/bjsports-2015-094849

Cook, J. L., Rio, E., Purdam, C. R., & Docking, S. I. (2016). Revisiting the continuum model of tendon pathology: what is its merit in clinical practice and research? British journal of sports medicine, 50(19), 1187-1191. doi:10.1136/bjsports-2015-095422

Devaprakash, D., Graham, D. F., Barrett, R. S., Lloyd, D. G., Obst, S. J., Kennedy, B., . . . Pizzolato, C. (2022). Free Achilles tendon strain during selected rehabilitation, locomotor, jumping, and landing tasks. Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985), 132(4), 956-965. doi:10.1152/japplphysiol.00662.2021

Docking, S. I., Rio, E., Cook, J., Orchard, J. W., & Fortington, L. V. (2018). The prevalence of Achilles and patellar tendon injuries in Australian football players beyond a time-loss definition. Scandinavian journal of medicine & science in sports, 28(9), 2016-2022. doi:10.1111/sms.13086

Florit, D., Pedret, C., Casals, M., Malliaras, P., Sugimoto, D., & Rodas, G. (2019). Incidence of Tendinopathy in Team Sports in a Multidisciplinary Sports Club Over 8 Seasons. Journal of sports science & medicine, 18(4), 780-788.

Kharazi, M., Bohm, S., Theodorakis, C., Mersmann, F., & Arampatzis, A. (2021). Quantifying mechanical loading and elastic strain energy of the human Achilles tendon during walking and running. Scientific reports, 11(1), 5830. doi:10.1038/s41598-021-84847-w

Lagas, I. F., Tol, J. L., Weir, A., de Jonge, S., van Veldhoven, P. L. J., Bierma-Zeinstra, S. M. A., . . . de Vos, R.-J. (2022). One fifth of patients with Achilles tendinopathy have symptoms after 10 years: A prospective cohort study. Journal of sports sciences, 40(22), 2475-2483. doi:10.1080/02640414.2022.2163537

Lenhart, R. L., Thelen, D. G., Wille, C. M., Chumanov, E. S., & Heiderscheit, B. C. (2014). Increasing running step rate reduces patellofemoral joint forces. Medicine and science in sports and exercise, 46(3), 557-564. doi:10.1249/mss.0b013e3182a78c3a

Magnusson, S. P., Langberg, H., & Kjaer, M. (2010). The pathogenesis of tendinopathy: balancing the response to loading. Nature reviews. Rheumatology, 6(5), 262-268. doi:10.1038/nrrheum.2010.43

Malliaras, P., Barton, C. J., Reeves, N. D., & Langberg, H. (2013). Achilles and patellar tendinopathy loading programmes : a systematic review comparing clinical outcomes and identifying potential mechanisms for effectiveness. Sports medicine (Auckland, N.Z.), 43(4), 267-286. doi:10.1007/s40279-013-0019-z

Mersmann, F., Charcharis, G., Bohm, S., & Arampatzis, A. (2017). Muscle and Tendon Adaptation in Adolescence: Elite Volleyball Athletes Compared to Untrained Boys and Girls. Frontiers in physiology, 8, 417. doi:10.3389/fphys.2017.00417

Reeves, N. D., Maganaris, C. N., Ferretti, G., & Narici, M. V. (2005). Influence of 90-day simulated microgravity on human tendon mechanical properties and the effect of resistive countermeasures. Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985), 98(6), 2278-2286. doi:10.1152/japplphysiol.01266.2004

Scott, A., Squier, K., Alfredson, H., Bahr, R., Cook, J. L., Coombes, B., . . . Zwerver, J. (2020). ICON 2019: International Scientific Tendinopathy Symposium Consensus: Clinical Terminology. British journal of sports medicine, 54(5), 260-262. doi:10.1136/bjsports-2019-100885

Silbernagel, K. G., & Crossley, K. M. (2015). A Proposed Return-to-Sport Program for Patients With Midportion Achilles Tendinopathy: Rationale and Implementation. The Journal of orthopaedic and sports physical therapy, 45(11), 876-886. doi:10.2519/jospt.2015.5885

Silbernagel, K. G., Thomeé, R., Eriksson, B. I., & Karlsson, J. (2007). Continued sports activity, using a pain-monitoring model, during rehabilitation in patients with Achilles tendinopathy: a randomized controlled study. The American journal of sports medicine, 35(6), 897-906. doi:10.1177/0363546506298279

Wang, J. H. C. (2006). Mechanobiology of tendon. Journal of biomechanics, 39(9), 1563-1582. doi:10.1016/j.jbiomech.2005.05.011

이동욱

학력

동아대학교 체육학과 학사

부산가톨릭대학교 물리치료학 학사

고려대학교 스포츠의학과 석사

연세대학교 체육학 박사(스포츠재활 전공)

주요 경력

전) 세종스포츠정형외과 팀장

전) 국가대표 재활의학과 실장

현) 대한선수트레이닝학회 이사

현) 건강운동관리사 연수 강사

현재 소속 및 직위

선문대학교 스포츠과학과 조교수

대표논문

1. Lee DW, Kim SJ, Kang J, Song K, Lee SY. Discrimination Between Mechanical and Functional Ankle Instability, and Copers: A Questionnaire-Based Analysis. Journal of Sport Rehabilitation. 2025.
2. Lee DW, Kim JS. The Role of Preoperative Eversion Strength in Functional Recovery after Surgery for Chronic Ankle Instability: A Retrospective Observational Study. The Korean Journal of Sports Medicine. 2026.

Ankle Update: 만성 발목 불안정성의 진단과 치료 전략

선문대학교
이동욱

From Pain Relief to Load Capacity

Earlier approach
Reduce pain and avoid aggravation

Current approach
Restore the tendon's capacity to tolerate sport load

1990s — Eccentric loading (Pain and strength outcomes)
1999 — Histopathology review (Not simply inflammatory)
2009 — Tendon continuum (Load-related pathology model)
2015 — Tissue capacity concept (Rehab target: tissue capacity)
2021~ — Progressive loading guidelines (12+ weeks strengthening)
2023~ — Dose and load metrics (Intensity, frequency, peak, impulse, rate)
2024~ — Athlete-specific load management (Sport load > rehab load)

Pain is important, but pain relief is not the same as load tolerance.

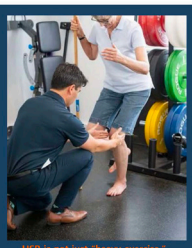
Why HSR? Controlled Tendon Load Exposure

6 TRACKABLE VARIABLES

Weight | ROM | Reps
Sets | Tempo | Frequency

Slow tensile load → Progressive exposure → Sport loading

Load Variable	How HSR Helps Dose It
Peak Load	kg / RM zone / ROM
Loading Rate	slow tempo
Loading Impulse	cumulative exposure: load × reps × sets × tempo × ROM



HSR is not just "heavy exercise."

HSR is not the only way to progress tendon load, but it is one of the clearest ways to dose it.

Beyer et al., 2015; Mormore & Cook, 2022; Scattone Silva et al., 2023/2024

What HSR Evidence Supports, And What It Doesn't

- A useful loading option, not a universal superior protocol

EVIDENCE

Area	What Evidence Supports	What It Does Not Prove	Clinical Takeaway
Achilles	HSR and ECC both improve pain and function	HSR is not clearly superior to ECC	HSR can be an alternative structured loading option
Patellar	HSR shows good clinical outcomes; HSR and MSR both improve symptoms	Heavier is not always better	Load progression may matter more than the label
Lateral elbow	12 weeks of home-based HSR improved symptoms; CSI or tendon needling did not amplify the effect	Upper-limb HSR is not broadly established	HSR principles may be applicable, but evidence is limited
Dose variables	Intensity, frequency, tempo, ROM, peak load, impulse, and rate should be considered	Optimal dose is still unclear	Prescribe the load profile, not just the exercise name

Lower limb: stronger HSR evidence
Upper limb: emerging but limited evidence

Beyer et al., 2015; Agergaard et al., 2021; Couppé et al., 2022; Pavlova et al., 2023.

What HSR Evidence Supports, And What It Doesn't

- A useful loading option, not a universal superior protocol

EVIDENCE

ACHILLES
ECC and HSR both improved
Beyer, 2015

PATELLAR
HSR and MSR both improved; superiority unclear
Agergaard, 2021

DOSE
Optimal load, tempo, and frequency remain unclear
Pavlova et al. 2023

UPPER LIMB
Evidence is limited: apply principles, not a fixed protocol
Couppé et al. 2022

HSR is a useful loading option, not a universal superior protocol.

Beyer et al., 2015; Agergaard et al., 2021; Couppé et al., 2022; Pavlova et al., 2023.

What HSR Evidence Supports, And What It Doesn't

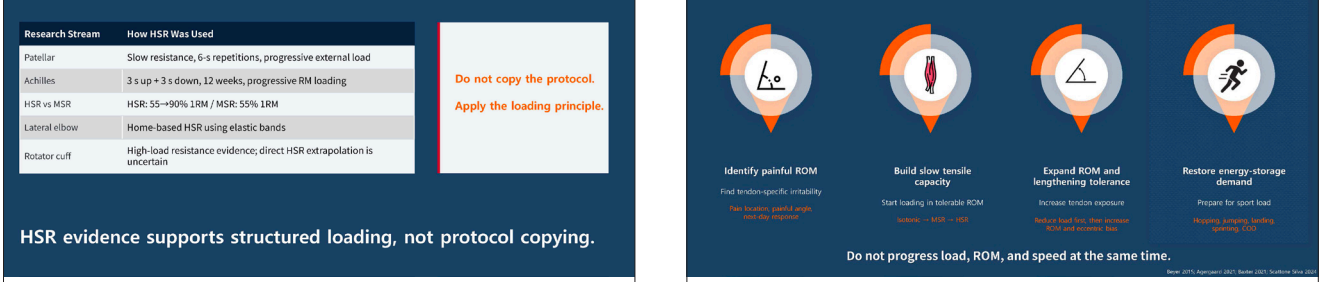
Research Stream	How HSR Was Used
Patellar	Slow resistance, 6-s repetitions, progressive external load
Achilles	3 s up + 3 s down, 12 weeks, progressive RM loading
HSR vs MSR	HSR: 55→90% 1RM / MSR: 55% 1RM
Lateral elbow	Home-based HSR using elastic bands
Rotator cuff	High-load resistance evidence; direct HSR extrapolation is uncertain

Do not copy the protocol.

Apply the loading principle.

HSR evidence supports structured loading, not protocol copying.

Applying HSR to Lower Limb Tendons

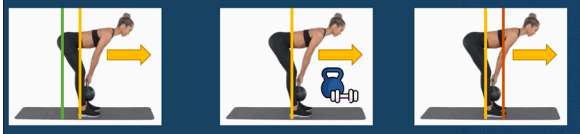


Do not progress load, ROM, and speed at the same time.

Beyer 2015, Agergaard 2021, Baxter 2021, Scattone Silva 2024

Applying HSR to Lower Limb Tendons

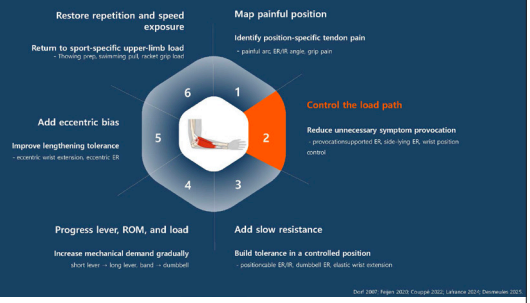
Achilles tendon



Intensity is **not only weight.**

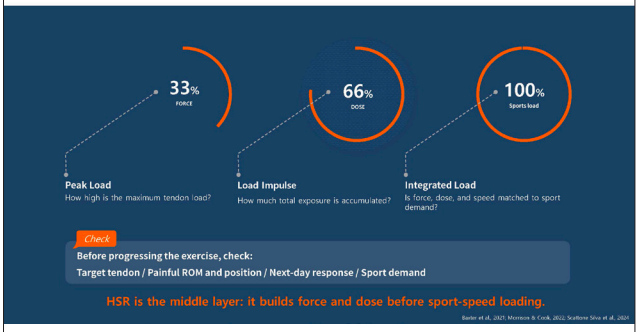
Load = weight × position × ROM × tempo × environment

Upper Limb HSR: Control Position Before Load



Dorf 2007, Feijen 2020, Cruppé 2022, Lafrance 2024, Desmeules 2025

Prescribe the Tendon Load Profile



HSR is the middle layer: it builds force and dose before sport-speed loading.

Baxter et al., 2021; Morrissey & Cook, 2022; Scattone Silva et al., 2024

Take-Home Messages

Prescribe the tendon load profile, not the exercise name.

- HSR connects pain control to sport-specific loading.




Thank you
dongwooklee_

강성우

학력

한양대학교 체육학과 학사

한국체육대학교 일반대학원 스포츠의학전공 석사

한국체육대학교 일반대학원 스포츠의학전공 박사

주요 경력

현) 3Ps 퍼포먼스랩 대표/디렉터(퍼포먼스 트레이닝, 선수재활, 트레이닝 컨설팅)

현) 한국체육대학교 사회체육대학원(스포츠 의학) / 외래교수

현) 한국스포츠퍼포먼스학회 / 부회장

전) 대한건강운동관리사협회 / 부회장

전) Univ. of Oregon, Bowerman Sports Science Center / Researcher

현재 소속 및 직위

3Ps 퍼포먼스 랩 / 대표 & 디렉터

대표논문

1. Sungwoo Kang, Kwanglea Kim. Comparison of Shoulder Neuromuscular Control in Overhead Athletes with and without Shoulder Hypermobility. Exercise Science. 2020:29(3):316-23.
2. Sungwoo Kang. Difference of Neuromuscular Responses by Additional Loads During Plyometric Jump. J Exercise Rehabilitation. 2018:12(6):960-67.

스포츠 복귀를 위한 부하 수용력·기능적 회복 모니터링 전략

3Ps Performance Lab
강성우

"When can I return to sport?"

"Will I (the athlete) be able to compete again?"

Success of return to sports

- RTS success
  : Success means different things to different people and
  : context-dependent and outcome dependent

To athlete, success might be defined by return to sustained participation in sport in the shortest possible time (goal focus).

To the coach, (and many athletes), success might be defined relative to the athlete's performance on RTS (performance focus).

To the clinician, success might be defined by the prevention of new (or recurring) associated injuries (outcome focus).

- Ardern et al., 2017 -

Success of return to sports



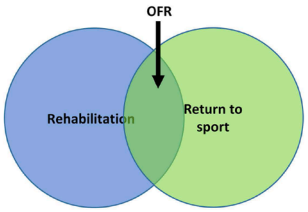
After long-term injury,
The traditional RTS decision-making process is insufficient in the real world of sports medicine.

RTS success depends on the level of '**on-field**' performance.

The goal of rehabilitation depends on the individual, but the achievement of RTS possible aims to return an athlete back to a previous level at the same or higher level of performance.

- Ardern et al., 2016; Buckthorpe et al., 2018 -

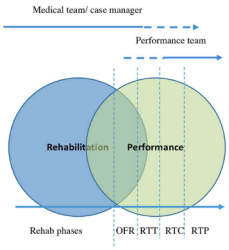
Rehabilitation and return to sport



On-field rehabilitation (OFR)

- Buckthorpe et al., 2018 -

Rehabilitation and return to sport



On-field rehabilitation (OFR)
Return to training (RTT)
Return to competitions (RTC)
Return to performance (RTP)

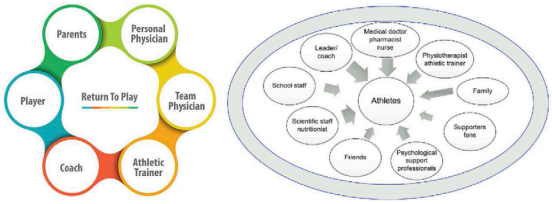
- Buckthorpe et al., 2018 -

RTS success

Safe RTP requires blending
- movement quality analysis with gradual exposure to fatigue,
- high-speed actions,
- Sports specific exposure
- the actual psychological readiness

- Liem et al., 2016 -

How to decide RTS



The team physician is prominently placed as the gatekeeper of the RTS decision. But "**Athlete-centered**" are advocated, placing the athlete in the position of an active decision-maker along with other relevant stakeholders.

- Shrier et al., 2014 -

Return to sport (RTS) continuum

RETURN TO PARTICIPATION → RETURN TO SPORT → RETURN TO PERFORMANCE

1. Return to participation
The athlete may be participating in rehabilitation, training (modified or unrestricted), or in sport, **but at a level lower than his or her RTS goal**. The athlete is physically active, but **not yet 'ready' (medically, physically and/or psychologically)** to RTS. It is possible to train to perform, but this does not automatically mean RTS.

- Ardern et al., 2016 -

Return to sport (RTS) continuum

RETURN TO PARTICIPATION → RETURN TO SPORT → RETURN TO PERFORMANCE

2. Return to Sports
The athlete has returned to his or her defined sport, **but is not performing at his or her desired performance level**. Some athletes may be satisfied with reaching this stage, and this can represent successful RTS for that individual.

- Ardern et al., 2016 -

RETURN TO PARTICIPATION → RETURN TO SPORT → RETURN TO PERFORMANCE

3. Return to performance
This extends the RTS element. The athlete has gradually returned to his or her defined sport and is performing at or **above his or her pre-injury level**. For some athletes this stage may be characterized by personal best performance or expected personal growth as it relates to performance.

- Ardern et al., 2016 -

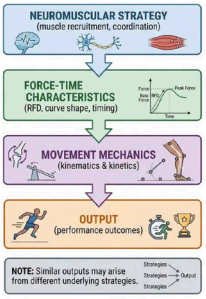
Why monitoring it for RTS?

Fatigue - Injury
(overtraining) (Reinjury)

The goal of monitoring sports performance is "**Accurate decision**" for understanding athletes training responses and competition readiness by detecting early signs of fatigue and overtraining of risk of injury,

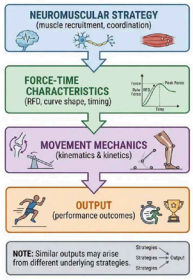
- van der Horst, 2026 -

Conceptual framework of movement assessment



- van der Horst, 2026 -

Conceptual framework of movement assessment



Why Output Metrics Fall Short

Masked Deficits: Athletes can hit target benchmarks —such as jump height, hop distance, or sprint time—by shifting the mechanical load away from the healing tissue and overworking other joints, segments, or muscle groups.

Deceptive Force-Time Data: Standard performance readouts often miss joint-specific loading, eccentric/ concentric phase imbalances, and segmental coordination.

Deceleration Blind Spots: Equal impulse waveforms or gross performance numbers can completely hide underlying braking deficits or high-risk directional changes

- van der Horst, 2026 -

Injury-Psychological Readiness to Return to Sport

Building resilience against reinjury is multifactorial and involves not only restoring functional abilities and tissue healing but also psycho-emotional readiness.

Item	Scoring (rate the current level of confidence, 0 = no confidence to 100 = complete confidence)
1. Overall confidence to play	0–100
2. Confidence to play without pain	0–100
3. Confidence to give 100% effort	0–100
4. Confidence in the injured body part to handle the demands of the situation	0–100
5. Confidence in skill level/ ability	0–100
6. Confidence to not concentrate on the injury	0–100
Total score =	Sum of items 1 to 6 divided by 10

the scale ranges from 0 to 100 with intervals of 10.
0 - little to no confidence,
50 - moderate confidence,
100 - utmost confidence

Average of final scores(sum of final scores/6)
Avg. 60 - confident to return to sport at that time
Avg. 40 - only moderate confidence
Avg. 20 - low overall confidence

- Ardern et al., 2011 -

Return to sports progress

- Optimal loading—'the Goldilocks approach'

- Load progression is a key part of rehabilitation and RTS decision-making



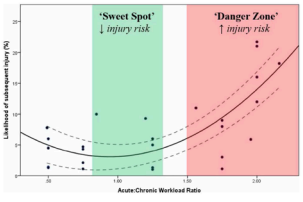
Load progression is a key part of rehabilitation and RTS decision-making.

Monitoring the training load during the current training week(acute) against the average of preceding four training weeks(chronic) provides an **acute:chronic workload ratio**. This ratio might also be a useful tool in planning load progressions in RTS, especially when the athlete is transitioning from return to participation to RTS, and from RTS to return to performance in the RTS continuum.

- Barber-Westin at al., 2011; Kyritsis at al., 2016; Gabbett, 2016 -

Return to sports progress

- Optimal loading—'the Goldilocks approach'



acute:chronic workload ratios within **the range of 0.8–1.3** could be considered the training 'sweet spot', while acute:chronic workload ratios **≥1.5** represent the 'danger zone'.

- Blanch & Gabbett, 2015-

External load vs Internal load

A longitudinal study conducted with the participation of 224 football players of different ages and competitive levels concluded that there are still unknowns regarding the relationship between external load variables and their impact on injury occurrence

- Georgiadis et al., 2024 -

Criterion-based approaches are poorly enforced, as only 13% of studies report objective measurements as a criteria for RTS.

- Barber-Westin et al., 2011; Kyritsis et al., 2016 -

External load vs Internal load

Even though sports science literature has verified that designing training programs with external loads is a crucial factor for injury prevention and players' physical optimization, considering **players' perceptual response to the workloads**, frequently measured by RPE, can increase the validity of the practical reflections drawn.

- Romero-Moraleda et al., 2023 -

conducted with 40 male professional football players, aimed to combine external and internal load features to predict injuries using classification algorithms that perform best on these features, The results demonstrated that the internal load feature was more accurate than the external load one week before the injury occurred.

- Vallance et al., 2023 -

External load vs Internal load

The combination of internal and external loads can provide improved insights for coaching and clinical sport science staff to inform decisions regarding players' physical abilities and those who may be more susceptible to muscle injury in a short period.

- Bartlett et al., 2017 -

"On field" performance

Integrating RPE and GPS-derived load metrics provides a more comprehensive framework for monitoring training load, as it captures both the external mechanical demands and the individual physiological and perceptual responses to those demands.

- Martins et al., 2025 -

the combined use of RPE and GPS is a viable and effective strategy for monitoring total load, allowing for individualized adjustments and a deeper understanding of the demands placed on athletes and their responses.

- Bartlett et al., 2017; Teixeira et al., 2024 -

"On field" performance

Performance on the field- closed skill vs opened skill(reactive element)

Therefore, relying on closed skill tasks alone in determining readiness to RTS is not optimal.

- Barber-Westin et al., 2011; Kyritsis et al., 2016 -

Workload by type of training, new training-energy expenditure

—> consider volume, load, TYPE too!





- Moran et al., 20221 -

"On field" performance

Top GPS Data Clues for Injury Risk

High-Speed Running (HSR) & Sprint Distance

Accelerations and Decelerations

Acute-to-Chronic Workload Ratio (ACWR)

Excessive Cumulative Volume / Workload Spikes

- Vallance et al., 2023 -

“On field” performance

GPS metrics measured for four sports seasons, their units, and zones.

Metric	Unit	Zone
Work time	Minutes	
Total distance		
Accelerations		Above 10.8 km/h
Decelerations		Above 10.8 km/h
High-speed running	Meters	Above 18 km/h
High-speed zone 4		14–18 km/h
High-speed zone 5		18–24 km/h
High-speed zone 6		24–39 km/h

- Vallance et al., 2023 -

3Ps Performance Lab.

Win the day! Good luck!

E-mail - “ **atdavidkang@gmail.com** ”
IG - “**dr.sungwookang**”



심포지엄 12: 미토콘드리아와 운동 - 기초부터 대사질환, 노화, 뇌 건강까지

Symposium 12: Mitochondria in Exercise and Health

좌장: 가톨릭대 성빈센트병원 김준성, 순천향대학교 김철현

고진호

학력

세종대학교 체육학과 학사

계명대학교 일반대학원 체육학과 석사

계명대학교 일반대학원 체육학과 박사

주요 경력

11/01/2012 – 08/31/2016 : Post Doc., Washington University School of Medicine in St. Louis, MO, USA

10/01/2016 – 06/15/2018 : Research fellow in the Department of Endocrinology, Diabetes, Nutrition at Mayo Clinic, Rochester, MN, USA

2024.08 – 현재 Organelle Medicine Research Center member, Yonsei University Wonju College of Medicine

2024.03 – 현재 BK21 4단계 교육연구단 member,

현재 소속 및 직위

Associate Professor,

Department of Convergence Medicine

Department of Physiology

Yonsei University Wonju College of Medicine

Chair, Graduate Program in Global Medical Science

대표논문

1. Park SY, Jung SR, Kim JY, Kim YW, Sung HK, Park SY, Doh KO, Koh JH. Lactate promotes fatty acid oxidation by the tricarboxylic acid cycle and mitochondrial respiration in muscles of obese mice. Am J Physiol Cell Physiol. 2024 Sep 1;327(3):C619-C633
2. Jin-Ho Koh, Mark W. Pataky, Surendra Dasari, Katherine A. Klaus, Ivan Vuckovic, Gregory N. Ruegsegger, Arathi Prabha Kumar, Matthew M. Robinson & K. Sreekumaran Nair. Enhancement of anaerobic glycolysis-a role of PGC-1α4 in resistance exercise. Nature Communications. 2022. 13(2324).
3. Koh JH, Hancock CR, Terada S, Higashida K, Holloszy JO, Han DH. PPARβ Is Essential for Maintaining Normal Levels of PGC-1α and Mitochondria and for the Increase in Muscle Mitochondria Induced by Exercise. Cell Metab. 2017 May 2;25(5):1176-1185.

미토콘드리아의 이해: 기초 구조·기능, 그리고 운동과의 연결

연세대 원주의대
고진호

Mitochondria are no longer seen only as ATP-producing organelles. They also act as signaling hubs that integrate Ca^{2} homeostasis, ROS signaling, organelle contacts and inter-organ communication. In skeletal muscle, mitochondria form an interconnected reticulum that spreads energy across the myofiber. Their inner-membrane architecture also shapes bioenergetic efficiency: OPA1-dependent cristae remodeling governs respiratory supercomplex assembly and electron transport flux. Endurance exercise remodels this structure by increasing cristae density and elongating the mitochondrial network, and this elongation accompanies the fiber-type shift toward type IIA.

In this talk, I will present our recent, largely unpublished findings on two factors that act on this structure–function relationship. First, we tested lactate as a candidate exerkine. In mice, lactate administration improved running endurance and induced ultrastructural mitochondrial changes resembling those of exercise. RNA-seq and proteomic analyses showed that lactate partially reproduces the exercise-induced molecular program, including glycolysis, AMPK signaling, β-oxidation, the TCA cycle and the malate–aspartate shuttle. In primary muscle cells, lactate raised basal and maximal respiration and ATP-linked respiration. Second, we examined fine particulate matter (PM2.5) as an environmental stressor. Repeated inhalation exposure (2 h/day, 5 days/week) disrupted mitochondrial morphology, lowered ETC gene expression and complex protein levels, and impaired mitochondrial respiration and muscle function. PM2.5 also caused a time-dependent switch in SR Ca^{2+} release: early mitochondrial ROS-dependent suppression gave way to later ROS-independent Ca^{2+} leak. It also raised resting mitochondrial Ca^{2+} in a mtROS-sensitive manner. Endurance training reduced the PM2.5-induced mitochondrial damage.

Together, these findings suggest that mitochondrial structure determines muscle function. They position lactate as a potential exercise mimetic and identify SR–mitochondrial Ca^{2+} coupling as a target of environmental stress that exercise can counteract.

Keywords: mitochondria, skeletal muscle, exercise, lactate, particulate matter, calcium

곽효범

학력

서울대학교 체육교육과 학사

서울대학교 체육교육과 석사(운동생리학 전공)

Texas A&M 대학교 Health and Kinesiology학과 박사(운동생리학 전공)

주요 경력

2008-2010, 미국 East Carolina 대학교, East Carolina Diabetes & Obesity Institue, 박사후연구원

2010-2011, 미국 East Carolina 대학교 의과대학 생리학과, 연구조교수

2021-현재, 한국운동생리학회 부회장

2024-현재, 인하대학교 학생지원처장

현재 소속 및 직위

2012-현재, 인하대학교 스포츠과학과, 바이오메디컬 사이언스·엔지니어링학과, 교수

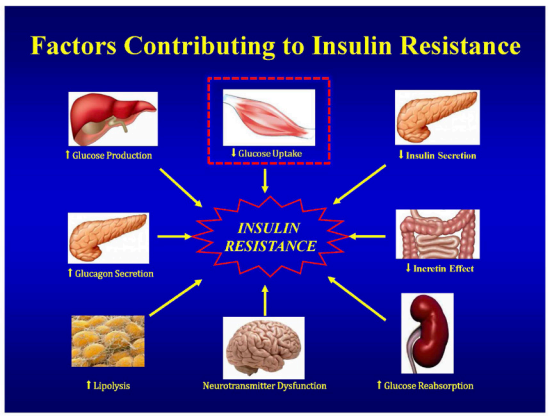
대표논문

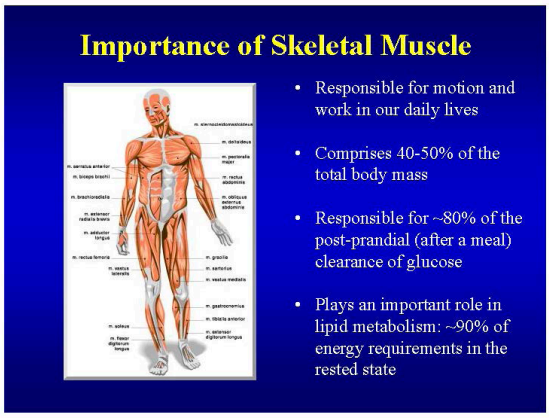
1. Choe YH, Cho EJ, Choi Y, Park DH, Kang JH, Kwak HB. Effects of exercise modalities on cognitive and muscle function in older adults with cognitive impairment: a systematic review and meta-analysis. Sci Rep. 16(1):19319, 2026.
2. Choi Y, No MH, Heo JW, Cho EJ, Park DH, Kang JH, Kim CJ, Seo DY, Han J, Kwak HB. Resveratrol attenuates aging-induced mitochondrial dysfunction and mitochondria-mediated apoptosis in the rat heart. Nutr Res Pract. 19(2):186-199, 2025.
3. Jeong I, Cho EJ, Yook JS, Choi Y, Park DH, Kang JH, Lee SH, Seo DY, Jung SJ, Kwak HB. Mitochondrial adaptations in aging skeletal muscle: implications for resistance exercise training to treat sarcopenia. Life (Basel). 14(8):962, 2024.

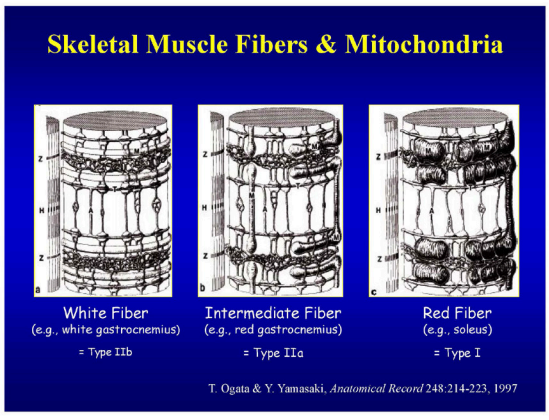
운동은 미토콘드리아를 어떻게 바꾸는가: 생합성·적응·비만에서의 역할

인하대학교

곽효범









Human Skeletal Muscle Fibers by Needle Biopsy

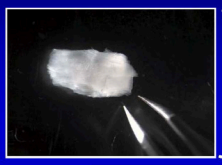


Muscle Biopsy from a Lean Subject / Muscle Biopsy from an Obese Subject





Separation of Muscle Fibers



Trimmed to 2-mm wide x 7-mm long
(1-2 mg wet wt)

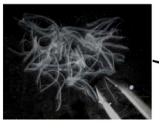
Separate along longitudinal axis using fine forceps

Increased sarcolemmal exposure





How to Use Permeabilized Skeletal Myofibers



1. Separated myofibers (1-2 mg wet wt)

2. Permeabilize with **saponin** (50ug/ml)

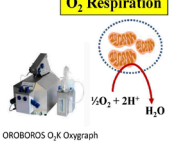
3. Wash myofibers

cholesterol-rich sarcolemmal membrane

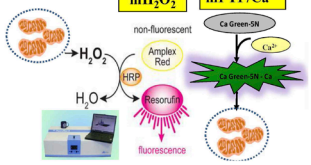
O_2 Respiration

mH_2O_2

$mPTP/Ca^{2+}$



$½O_2 + 2H^+$ H_2O



non-fluorescent

Amplex Red

HRP

H_2O_2

H_2O

Resorufin

fluorescence

Ca Green-5N

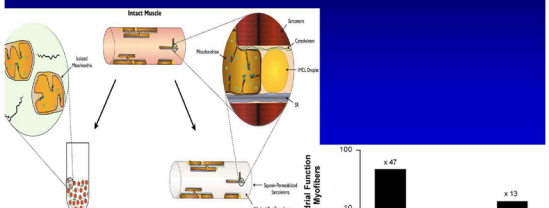
Ca^{2+}

Ca Green-5N - Ca

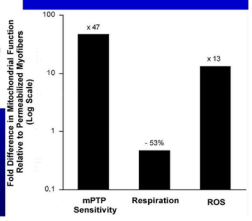


ORODOROS O_2K Oxygraph

Isolated Mitochondria vs. Permeabilized Myofiber

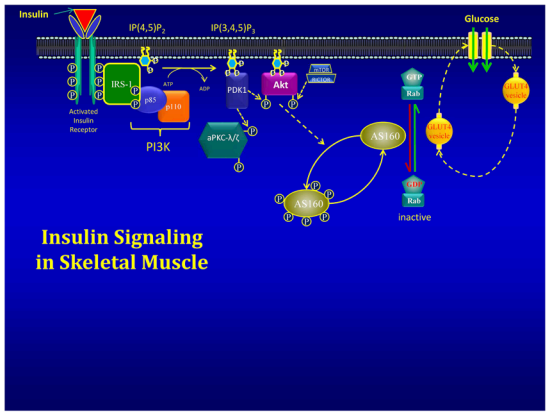


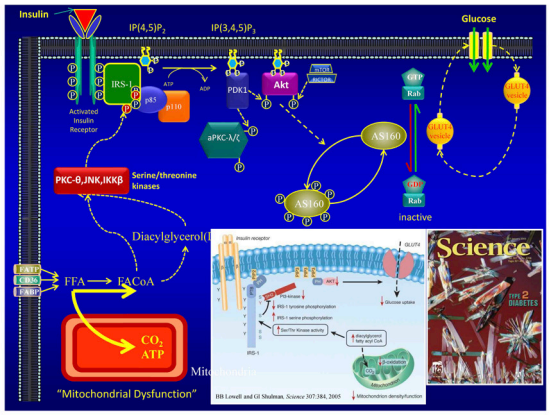
Picard M … & Hepple R., *Plos One* 6(3):e18317, 2011

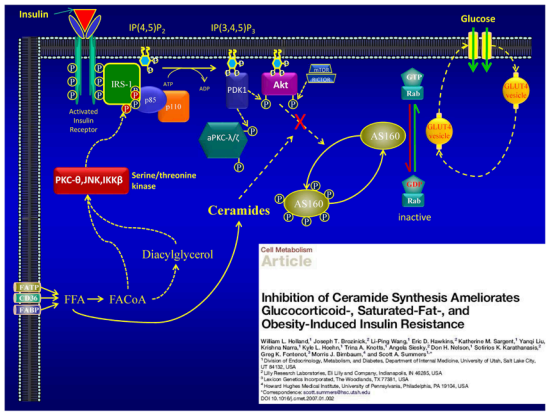


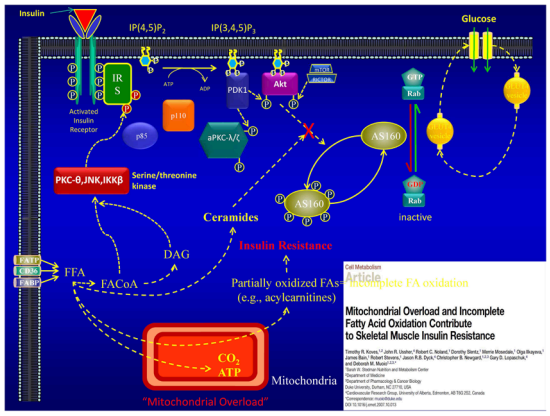
BACKGROUND

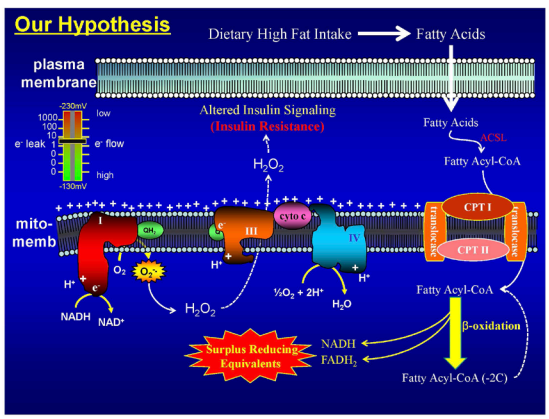
Potential Mechanisms for obesity-induced Insulin Resistance in Skeletal Muscle

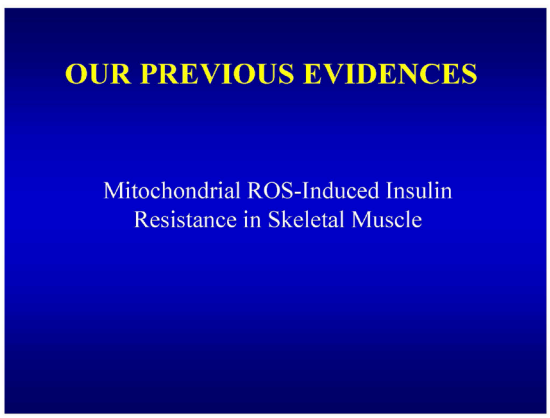

Insulin
Glucose
IP(4,5)P2
IP(3,4,5)P3
Activated Insulin Receptor
IRS-1
PI3K
PDK1
Akt
aPKC-λ/ζ
AS160
GTP
Rab
GLUT4
inactive
Insulin Signaling in Skeletal Muscle

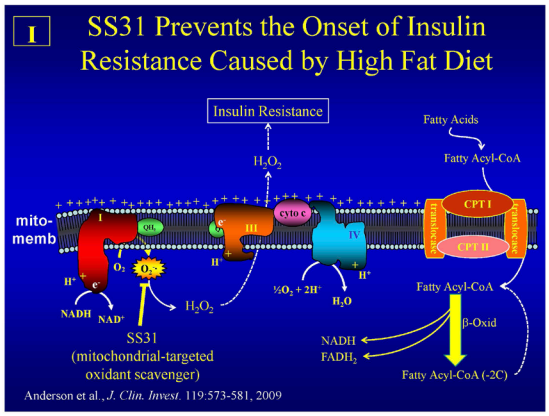

Insulin
Glucose
PKC-θ,JNK,IKKβ
Serine/threonine kinases
Diacylglycerol
FFA
FACoA
CD36
FABP
CO2
ATP
"Mitochondrial Dysfunction"
Science

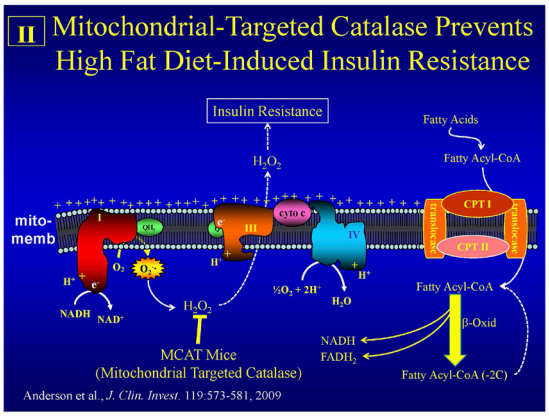

Insulin
Glucose
PKC-θ,JNK,IKKβ
Serine/threonine kinase
Ceramides
Diacylglycerol
FFA
FACoA
inactive
Cell Metabolism
Article
Inhibition of Ceramide Synthesis Ameliorates Glucocorticoid-, Saturated-Fat-, and Obesity-Induced Insulin Resistance


Insulin
Glucose
PKC-θ,JNK,IKKβ
Serine/threonine kinase
Ceramides
DAG
Insulin Resistance
FFA
FACoA
Partially oxidized FAs (e.g., acylcarnitines)
CO2
ATP
Mitochondria
"Mitochondrial Overload"
Incomplete FA oxidation
Mitochondrial Overload and Incomplete Fatty Acid Oxidation Contribute to Skeletal Muscle Insulin Resistance


Our Hypothesis
Dietary High Fat Intake
Fatty Acids
plasma membrane
Altered Insulin Signaling (Insulin Resistance)
Fatty Acids
ACSL
Fatty Acyl-CoA
H2O2
mito-memb
cyto c
CPT I
CPT II
translocase
Fatty Acyl-CoA
β-oxidation
NADH
NAD+
Surplus Reducing Equivalents
FADH2
Fatty Acyl-CoA (-2C)


OUR PREVIOUS EVIDENCES
Mitochondrial ROS-Induced Insulin Resistance in Skeletal Muscle





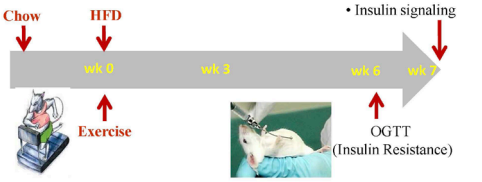


Experimental Protocols

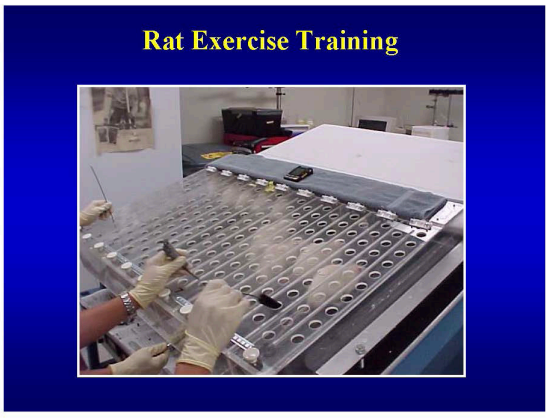
- Male Sprague-Dawley rats (4-mon old)
- N=10/group
  1. **Control**: Standard Chow
  2. **HFD (high fat diet)** 60% fat
  3. **HFD + Exercise** 15m/min, 2 h/d treadmill



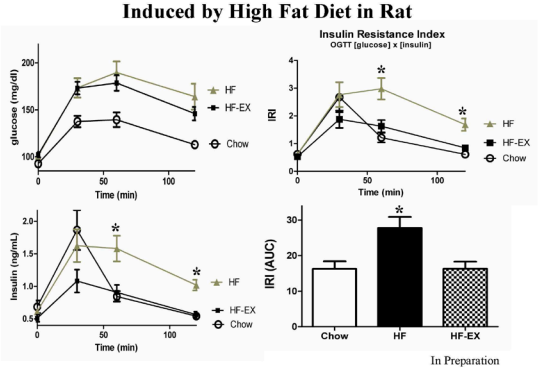
- Mito O_2 respiration
- Mito H_2O_2 emission
- Mito Ca^{2+} retention
- Insulin signaling





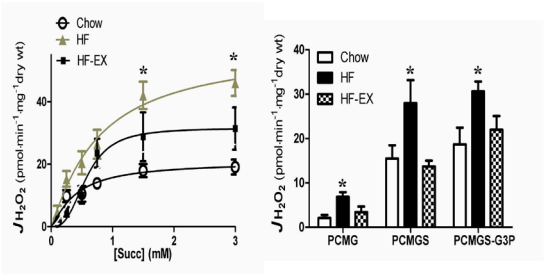


Exercise Training Prevents Insulin Resistance Induced by High Fat Diet in Rat



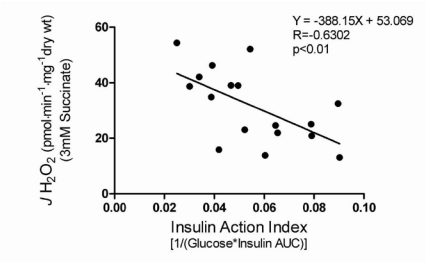
In Preparation

Exercise Training Prevents Increased Mitochondrial H_2O_2 Emission Induced by High Fat Diet in Rat Skeletal Muscle

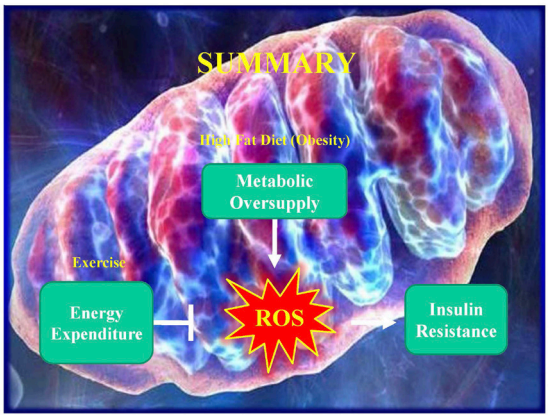


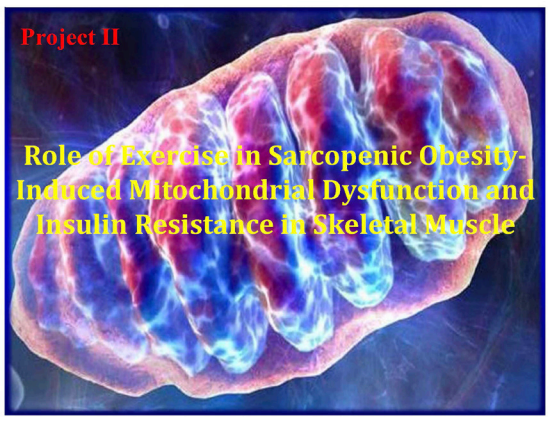
In Preparation

Mitochondrial H_2O_2 Emission Related to Insulin Sensitivity in Rat Skeletal Muscle



In Preparation





Experimental Protocols for Sarcopenic Obesity

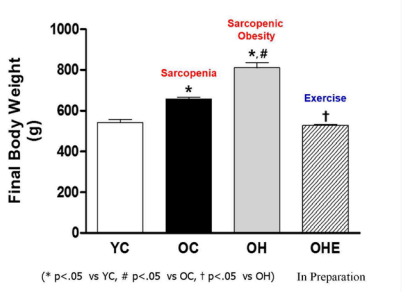
- Male Sprague-Dawley rats
- N=10/group



1. **Young Control (YC)**: 4-month old
2. **Old Control (OC)**: 20-month old
3. **Old+HFD (high fat diet) (OH)**: 60% fat **(sarcopenic obesity model)**
4. **Old+HFD +Exercise (OHE)** : 10m/min, 40-50min/d, treadmill

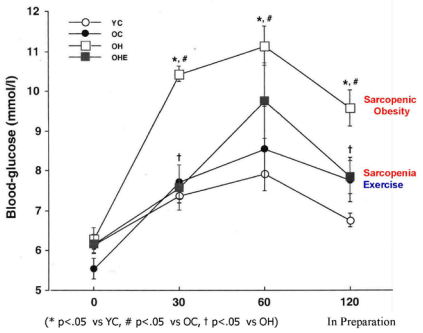


Effects of HFD and Exercise Training on Body Weight with Aging



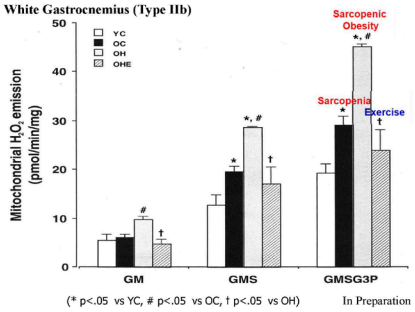
(* p<.05 vs YC, # p<.05 vs OC, † p<.05 vs OH) In Preparation

Exercise Training Prevents Insulin Resistance Induced by High Fat Diet with Aging



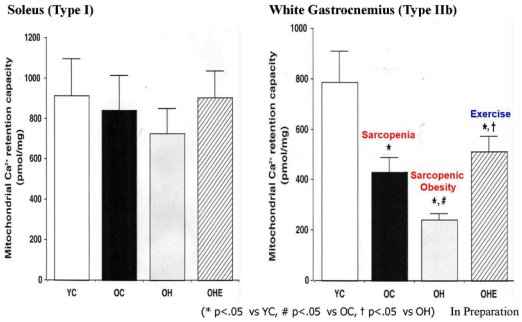
(* p<.05 vs YC, # p<.05 vs OC, † p<.05 vs OH) In Preparation

Exercise Training Prevents Increased Mitochondrial H_2O_2 Emission Induced by High Fat Diet in Aging Skeletal Muscle



(* p<.05 vs YC, # p<.05 vs OC, † p<.05 vs OH) In Preparation

Exercise Training Prevents Decreased Mitochondrial Ca^{2+} Retention Capacity Induced by High Fat Diet in Aging Skeletal Muscle



(* p<.05 vs YC, # p<.05 vs OC, † p<.05 vs OH) In Preparation

CONCLUSION

Exercise training prevents obesity-induced insulin resistance and mitochondrial dysfunction in skeletal muscle, supporting the concept that the exercise regulation of mitochondrial function with obesity is a primary factor protecting against obesity-induced insulin resistance.

ACKNOWLEDGEMENTS

Kwak's Lab at Inha Univ.



Youngju Choi, Ph.D.
Eun-Jung Cho, Ph.D.
Seoyeon Kim, B.S.
Suwol Yang, B.S.
Hyewon Sang, B.S.
Yu-Jin Byun, B.S.
Mingu Lee, B.S.

Colleagues at Inha Univ.
Dong-Ho Park, Ph.D.
Ju-Hee Kang, M.D., Ph.D.

Inje University
Jin Han, M.D., Ph.D.
Dae-Yun Seo, Ph.D.

- National Research Foundation of Korea (중견연구)
- National Research Foundation of Korea (중점연구소연구)
- Brain Korea 21 (4단계)


THANK YOU!!!
Healthy Mitochondria in Skeletal Muscle

공인덕

학력

연세대학교 원주의과대학 의학사

연세대학교 대학원 의학과 의학석사

연세대학교 대학원 의학과 의학박사

주요 경력

2008~2025 센터장, 연세대학교 운동의학센터

2011~ 현재 인증전문의, 대한스포츠의학회

2020~2023 원장, 연세대학교 바이오메티칼융합연구원

2023~2024 회장, 대한생리학회

2026~2027 회장, 대한라이프스타일의학회

현재 소속 및 직위

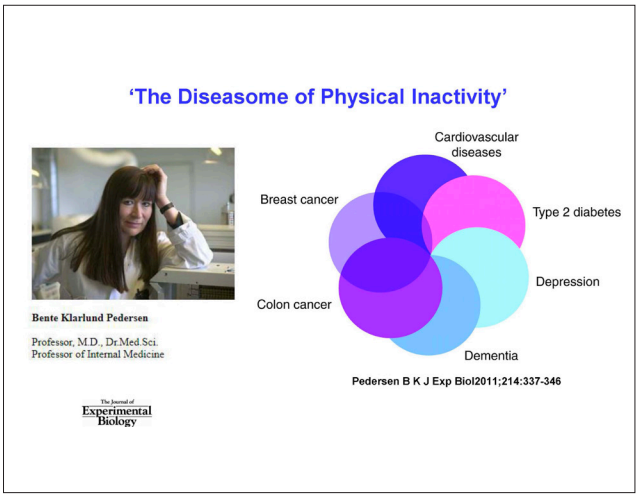
연세대학교 원주의과대학 융합의과학부 교수

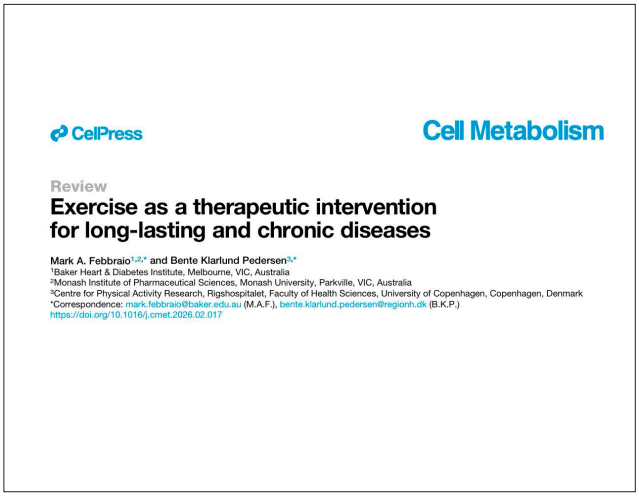
대표논문

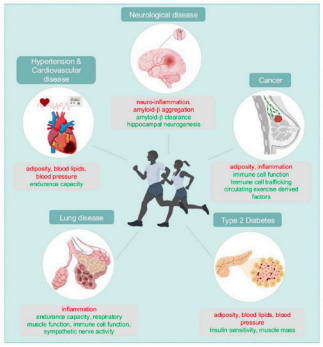
1. ID. Lifestyle Medicine 3.0: From Disease Prevention to Human Health Optimization. J Lifestyle Med. 2026 Aug 31;16(2):67-69. doi: 10.15280/jlm.2026.16.2.67.
2. Min J, Chang JS, Kong ID. Domain-specific physical activity, sedentary behavior, subjective health, and health-related quality of life among older adults. Health Qual Life Outcomes. 2023 May 29;21(1):52. doi: 10.1186/s12955-023-02136-8
3. Min J, Kim JY, Choi JY, Kong ID. Association between Physical Activity and Telomere Length in Women with Breast Cancer: A Systematic Review. J Clin Med. 2022 Apr 30;11(9):2527. doi: 10.3390/jcm11092527

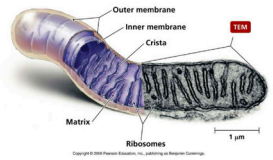
운동은 미토콘드리아를 어떻게 바꾸는가: 생합성·적응·비만에서의 역할

연세대 원주의대
공인덕





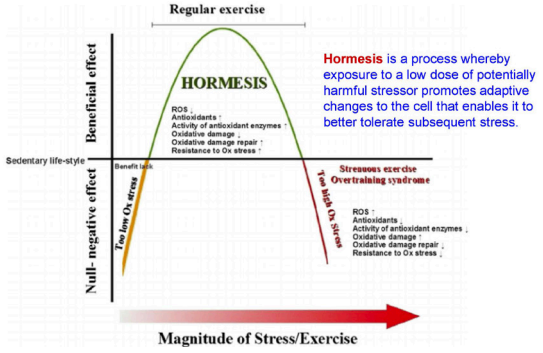




Power house

: ATP synthesis / release
Carbohydrate / Amino acid / Lipid metabolism
ROS generation
Cell proliferation and apoptosis

Feature	Healthy mitochondria
ATP production	Efficient oxidative phosphorylation and ATP generation
Electron transport	Well-coupled ETC with appropriate electron flow
ROS	Low-to-moderate, physiologically controlled ROS production
Membrane potential	Maintained ΔΨm without excessive hyperpolarization
Dynamics	Balanced fusion and fission
Quality control	Effective mitophagy and removal of damaged mitochondria
Biogenesis	Ability to increase mitochondrial mass/function when needed
Metabolic flexibility	Can adapt substrate use: glucose, fatty acids, lactate, etc.
Ca^{2+} handling	Appropriate mitochondrial Ca^{2+} uptake and buffering
Stress response	Able to adapt to exercise, fasting, hypoxia, and metabolic stress
Cellular signaling	Appropriate regulation of apoptosis, inflammation, and redox signaling



Hormesis is a process whereby exposure to a low dose of potentially harmful stressor promotes adaptive changes to the cell that enables it to better tolerate subsequent stress.

Signal Transduction and Targeted Therapy www.nature.com/sigtrans

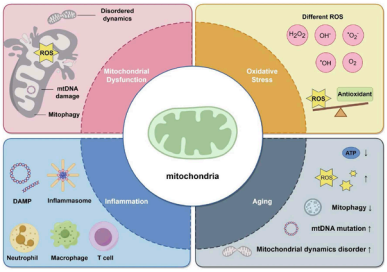
REVIEW ARTICLE OPEN

Mitochondria in oxidative stress, inflammation and aging: from mechanisms to therapeutic advances

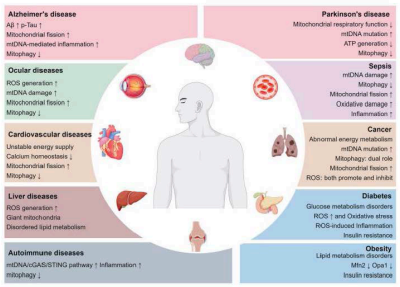
Xieyang Xu[1,2,3], Yan Pang[1,2,3✉] and Xianqun Fan[1,2,3✉]

Mitochondria are the energy production centers in cells and have unique genetic information. Due to the irreplaceable function of mitochondria, mitochondrial dysfunction often leads to pathological changes. Mitochondrial dysfunction induces an imbalance between oxidation and antioxidation, mitochondrial DNA (mtDNA) damage, mitochondrial dynamics dysregulation, and changes in mitophagy. It results in oxidative stress due to excessive reactive oxygen species (ROS) generation, which contributes to cell damage and death. Mitochondrial dysfunction can also trigger inflammation through the activation of damage-associated molecular patterns (DAMPs), inflammasomes and inflammatory cells. Besides, mitochondrial alterations in the functional regulation, energy metabolism and genetic stability accompany the aging process, and there has been a lot of evidence suggesting that oxidative stress and inflammation, both of which are associated with mitochondrial dysfunction, are predisposing factors of aging. Therefore, this review hypothesizes that mitochondria serve as central hubs regulating oxidative stress, inflammation, and aging, and their dysfunction contributes to various diseases, including cancers, cardiovascular diseases, neurodegenerative disorders, metabolic diseases, sepsis, ocular pathologies, liver diseases, and autoimmune conditions. Moreover, we outline therapies aimed at various mitochondrial dysfunctions, highlighting their performance in animal models and human trials. Additionally, we focus on the limitations of mitochondrial therapy in clinical applications, and discuss potential future research directions for mitochondrial therapy.

Signal Transduction and Targeted Therapy (2025)10:190 ; https://doi.org/10.1038/s41392-025-02253-4



Mitochondria act as the core to link inflammation, oxidative stress, and aging. When mitochondrial dysfunction occurs via disturbing oxidation and antioxidation, mitochondrial dynamics, mitochondrial genome and mitophagy, it's capable of triggering a cascade of chain reactions.



Mitochondrial dysfunction in diseases. Mitochondrial dysfunction is widely observed in a variety of diseases, including cancers, cardiovascular diseases, neurodegenerative diseases, metabolic disorders, liver diseases, autoimmune diseases, and ocular diseases. This figure was created using Figdraw

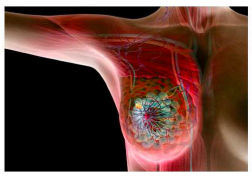
Cell Metabolism
Perspective

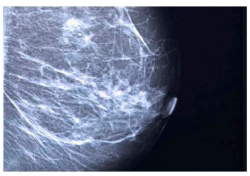
Molecular Mechanisms Linking Exercise to Cancer Prevention and Treatment

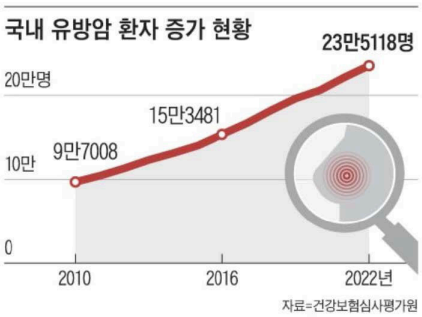
Pernille Hojman,[1,*] Julie Gehl,[2] Jesper F. Christensen,[1] and Bente K. Pedersen[1]
[1]Centre of Inflammation and Metabolism (CIM) and Centre for Physical Activity Research (CFAS), Rigshospitalet, Faculty of Health Science, University of Copenhagen, Copenhagen, Denmark
[2]Department of Oncology, Copenhagen University Hospital, Herlev, Denmark
*Correspondence: phojman@inflammation-metabolism.dk
https://doi.org/10.1016/j.cmet.2017.09.015

The benefits of exercise training for cancer patients are becoming increasingly evident. Physical exercise has been shown to reduce cancer incidence and inhibit tumor growth. Here we provide the status of the current molecular understanding of the effect of exercise on cancer. We propose that exercise has a role in controlling cancer progression through a direct effect on tumor-intrinsic factors, interplay with whole-body exercise effects, alleviation of cancer-related adverse events, and improvement of anti-cancer treatment efficacy. These findings have wide-ranging societal implications, as this understanding may lead to changes in cancer treatment strategies.

Breast Cancer







Progress in Cardiovascular Diseases 62 (2019) 116–126

Contents lists available at ScienceDirect

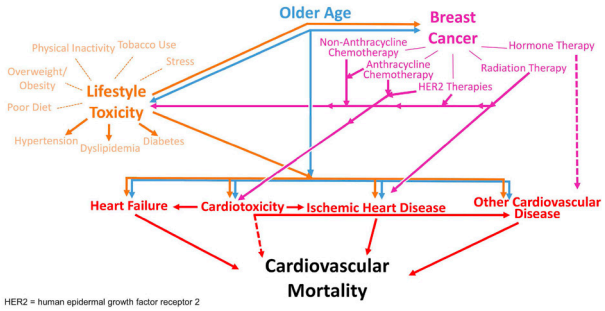
Progress in Cardiovascular Diseases

journal homepage: www.onlinepcd.com

Curing breast cancer and killing the heart: A novel model to explain elevated cardiovascular disease and mortality risk among women with early stage breast cancer

Amy A. Kirkham [a], Rhys I. Beaudry [b], D. Ian Paterson [c], John R. Mackey [d,e], Mark J. Haykowsky [b,*]

[a] Department of Biomedical Engineering, University of Alberta, Edmonton, Canada
[b] Integrated Cardiovascular Exercise Physiology and Rehabilitation Laboratory, College of Nursing and Health Innovation, The University of Texas at Arlington, Arlington, USA
[c] Division of Cardiology, Department of Medicine, University of Alberta, Edmonton, Canada
[d] Department of Oncology, University of Alberta, Edmonton, Canada
[e] Medical Oncology, Cross Cancer Institute, Edmonton, Canada



HER2 = human epidermal growth factor receptor 2

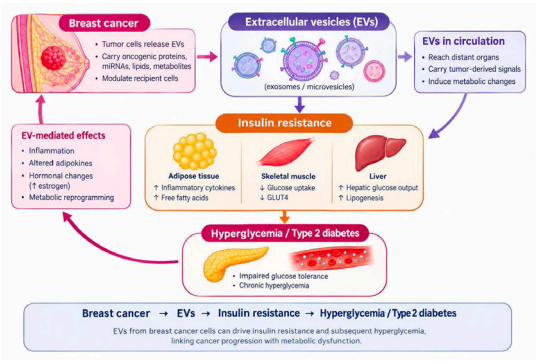
Nat Cell Biol. Author manuscript; available in PMC: 2022 Nov 30.

Published in final edited form as: Nat Cell Biol. 2022 May 30;24(6):954-967. doi: 10.1038/s41556-022-00919-7

Cancer-cell-secreted Extracellular Vesicles Suppress Insulin Secretion through miR-122 to Impair Systemic Glucose Homeostasis and Contribute to Tumour Growth

Abstract

Epidemiological studies demonstrate an association between breast cancer (BC) and systemic dysregulation of glucose metabolism. However, how BC influences glucose homeostasis remains unknown. We show that BC-derived extracellular vesicles (EVs) suppress pancreatic insulin secretion to impair glucose homeostasis. EV-encapsulated miR-122 targets *PKM* in β-cells to suppress glycolysis and ATP-dependent insulin exocytosis. Mice receiving high-miR-122 EVs or bearing BC tumours exhibit suppressed insulin secretion, enhanced endogenous glucose production, impaired glucose tolerance, and fasting hyperglycaemia. These effects contribute to tumour growth and are abolished by inhibiting EV secretion or miR-122, restoring *PKM* in β-cells, or insulin supplementation. Compared to non-cancer controls, BC patients have higher levels of circulating EV-encapsulated miR-122 and fasting glucose concentrations but lower fasting insulin; miR-122 levels are positively associated with glucose and negatively associated with insulin. Therefore, EV-mediated impairment of whole-body glycaemic control may contribute to tumour progression and incidence of type 2 diabetes in some BC patients.

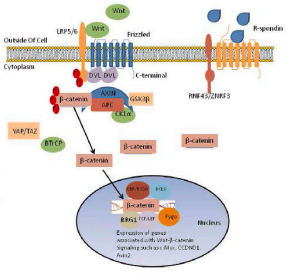


OMICS A Journal of Integrative Biology
Volume 23, Number 11, 2019
© Mary Ann Liebert, Inc.
DOI: 10.1089/omi.2019.0147

Targeting the Versatile Wnt/β-Catenin Pathway in Cancer Biology and Therapeutics: From Concept to Actionable Strategy

Kevin Dzobo,[1,2] Nicholas Ekow Thomford,[3] and Dimakatso A. Senthebane[1,2]

Breast cancer

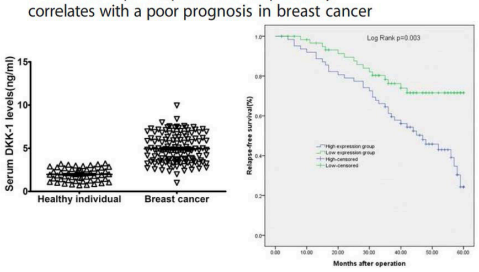


Zhou et al. Diagnostic Pathology 2014, 9:161
http://www.diagnosticpathology.org/content/9/1/161

DIAGNOSTIC PATHOLOGY

RESEARCH Open Access

Serum Dickkopf-1 expression level positively correlates with a poor prognosis in breast cancer



PLOS One

About Browse Publish Search advanced search

OPEN ACCESS PEER-REVIEWED
RESEARCH ARTICLE

Effects of exercise training on circulating levels of Dickkpof-1 and secreted frizzled-related protein-1 in breast cancer survivors: A pilot single-blind randomized controlled trial

183 Save | 54 Citation | 5,060 View | 2 Share

Tae Ho Kim, Jae Seung Chang, Kyu-Sang Park, Jeeyeon Park, Nahyun Kim, Jong In Lee, In Deok Kong

Published: February 8, 2017 • https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171771

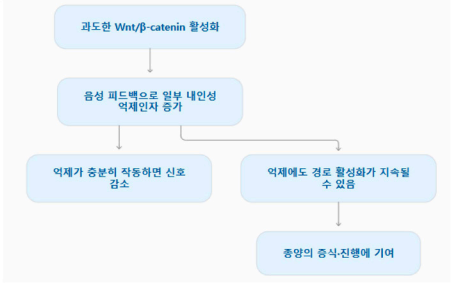
www.nature.com/scientificreports

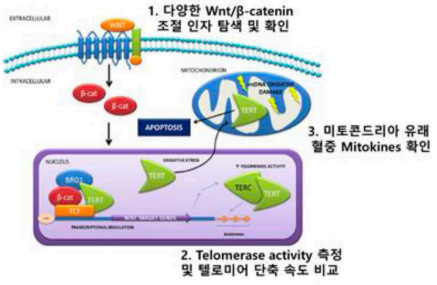
SCIENTIFIC REPORTS
nature research

OPEN

Exercise intervention lowers aberrant serum WISP-1 levels with insulin resistance in breast cancer survivors: a randomized controlled trial

Jae Seung Chang[1,2], Tae Ho Kim[2,3] & In Deok Kong[2,3]





Korean J Physiol Pharmacol
https://doi.org/10.4196/kjpp.26.092

KJPP

Original Article

Cardiorespiratory fitness, adiposity, and metabolic risk in breast cancer survivors: links with circulating WISP-1 and WISP-3

Jihee Min[1,2], Minsuk Oh[3,4], Eunha Chang[5], Ji Yeong Choi[6], Ki-Yong An[7], and In Deok Kong[8]*

[1]National Cancer Control Institute, National Cancer Centre, Goyang 10408, Korea, [2]National Cancer Center Graduate School of Cancer Science and Policy, National Cancer Center, Goyang 10408, Korea, [3]Exercise Medicine and Solutionomics Center, Institute of Convergence Science (ICONS), Yonsei University, Seoul 03722, Korea, [4]Department of Physical Education, Seoul National University of Education, Seoul 06630, Korea, [5]Division of Biological Science and Technology, Yonsei University, Wonju 26493, Korea, [6]Department of Convergence Medicine, Yonsei University Wonju College of Medicine, Wonju 26426, Korea, [7]Kinesiology, Faculty of Natural Science, The King's University, Edmonton, AB T6B 2H3, Canada, [8]Yonsei Institute of Sports Science and Exercise Medicine, Wonju 26426, Korea

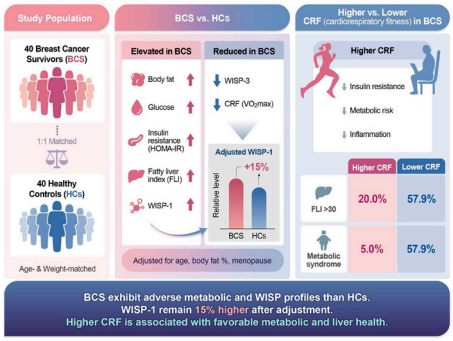
ARTICLE INFO
Received March 31, 2026
Revised May 1, 2026
Accepted May 14, 2026
Published online July 22, 2026

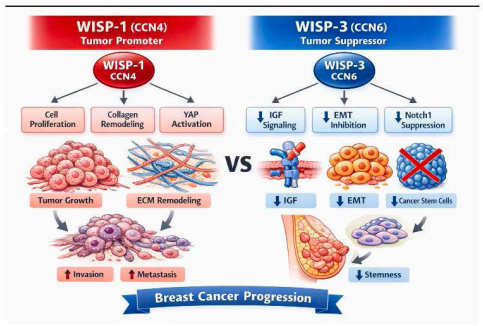
*Correspondence
In Deok Kong
E-mail: kongid@yonsei.ac.kr
https://orcid.org/0000-0002-9821-6103

Key Words
Breast neoplasms
Cardiorespiratory fitness
Metabolism
Wnt1 protein
Wnt3 protein

†These authors contributed equally to this work.

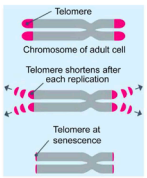
ABSTRACT Breast cancer survivors (BCS) often exhibit persistent metabolic and hepatic disturbances after cancer treatment; however, cardiorespiratory fitness's (CRF) underlying molecular signatures and associations of CRF with metabolic and hepatic health remain insufficiently understood. We examined whether circulating metabolic markers and WNT1-inducible signaling pathway proteins (WISPs) differ between BCS and matched controls, as well as whether CRF relates to metabolic and hepatic risk within BCS. To this end, 40 BCS and 40 age- and weight-matched healthy controls underwent assessment via a-vis anthropometrics, fasting metabolic biomarkers, liver enzymes, and fatty liver index (FLI). CRF was estimated using a standardized step test. Circulating WISP-1 and WISP-3 were quantified by enzyme-linked immunosorbent assays. Compared with controls, BCS exhibited lower CRF and higher body fat percentage, fasting insulin, insulin resistance, liver enzyme levels, and FLI. Circulating WISP-1 was higher in BCS, even after adjusting for age, menopausal status, and body fat percentage (adjusted ratio 1.23, 95% CI 1.01–1.52; $p < 0.05$). Differences in insulin resistance and hepatic risk were attenuated after adjustment, while the between-group difference in WISP-3 was not significant after covariate adjustment. Among BCS, higher CRF was associated with lower insulin resistance, reduced hepatic risk, and lower prevalence of FLI > 30 (57.9% vs. 20.0%, $p < 0.05$) and metabolic syndrome (57.9% vs. 5.0%, $p < 0.001$), while WISP concentrations did not differ by CRF. BCS demonstrated persistent metabolic vulnerability and elevated circulating WISP-1, regardless of adiposity and menopausal status. The findings show that higher CRF was associated with lower metabolic and hepatic risks.

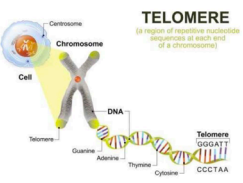


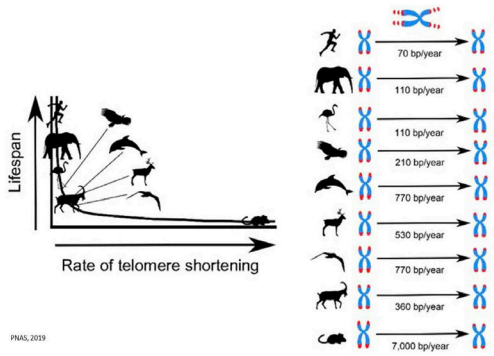


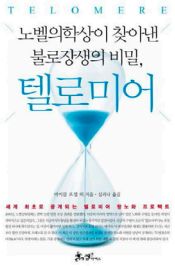
Telomeres: a clock of aging

Telomeres are the repetitive sequences at the ends of chromosomal DNA, typically thousands of copies of short, highly redundant, repetitive DNA - TTAGGG in humans









텔로미어를 공격하는 4가지 주범

1. 산화 스트레스 (Oxidative stress)
2. 염증 (Inflammation)
3. 비정상적인 당화 (Abnormal Glycation)
4. 비정상적인 메틸화 (Abnormal Methylation)

Journal of Clinical Medicine
MDPI

Systematic Review

Association between Physical Activity and Telomere Length in Women with Breast Cancer: A Systematic Review

Jihee Min [1,2,†], Ji Young Kim [3,†], Ji Yeong Choi [1,2] and In Deok Kong [1,2,*]

[1] Department of Convergence Medicine, Wonju College of Medicine, Yonsei University, Wonju 26426, Korea; jihee0704@yonsei.ac.kr (J.M.); 19271@yonsei.ac.kr (J.Y.C.)
[2] Yonsei Institute of Sports Science and Exercise Medicine (YISSEM), Wonju 26426, Korea
[3] Department of Physiology, College of Medicine, Korea University, Seoul 02841, Korea; skydittu018@korea.ac.kr
* Correspondence: kong@yonsei.ac.kr
† These authors contributed equally to this work.

Abstract: The association between physical activity and telomere length (TL) has been continuously reported. However, the interplay of physical activity and TL among women with breast cancer has not been elucidated. Thus, the purpose of this systematic review was to synthesize the evidence for the association of physical activity with TL in women with breast cancer. Systematic searches were conducted to identify quantified studies using MEDLINE, EMBASE, Cochrane Central Register of Controlled Trials, Web of Science, and Clinical Trials.gov. Five studies were included in this systematic review. Three of the five studies reported that physical activity has a significant relationship in delaying TL shortening, but others observed no association between physical activity and TL in breast cancer survivors. Although the heterogeneous studies acted as limitations in drawing clear conclusions, physical activity strategies show encouraging impacts in delaying TL shortening. To understand the effects of physical activity on TL shortening in breast cancer survivors, further studies are needed considering the tissue site, treatments for breast cancer, DNA extraction methods, and tools for measuring physical activity.

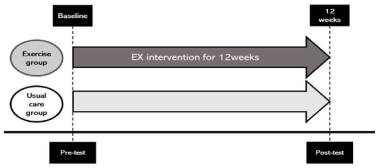
Keywords: breast cancer; physical activity; exercise; telomere length/single-copy gene (T/S) ratio

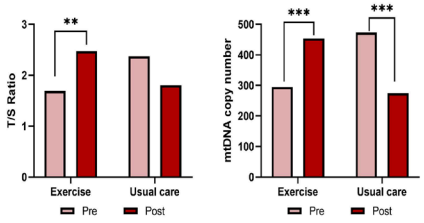
check for updates

Citation: Min, J.; Kim, J.Y.; Choi, J.Y.; Kong, I.D. Association between Physical Activity and Telomere Length in Women with Breast Cancer: A Systematic Review. *J. Clin. Med.*

Effect of Exercise Intervention on Telomere Length and Mitochondrial DNA Copy Number in Breast Cancer Survivors: A Randomized Controlled Trial

Jihee Min[1] and In Deok Kong[2*] [1]*National Cancer Control Institute, National Cancer Center, Republic of Korea,*
[2]*Department of Convergence Medicine, Wonju College of Medicine, Yonsei University, Wonju, Republic of Korea*





The effect of exercise on telomere length and mitochondrial DNA copy number

Review > Physiol Int. 2026 Aug 25:2060.2026.00863. doi: 10.1556/2060.2026.00863.
Online ahead of print.

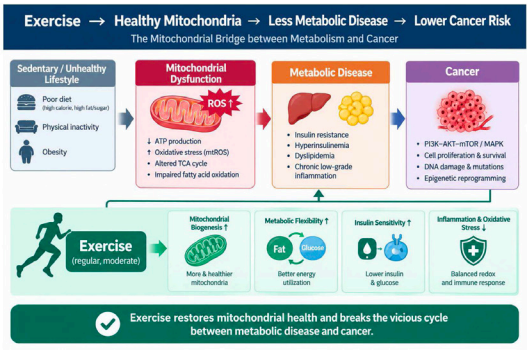
Mitochondrial-derived peptides (MDPs) activated by physical exercise as therapeutic targets for metabolic disorders: A systematic review

Novadri Ayubi [3], Junian Cahyanto Wibawa [3], Mert Kurnaz [3], Anton Komaini [4]

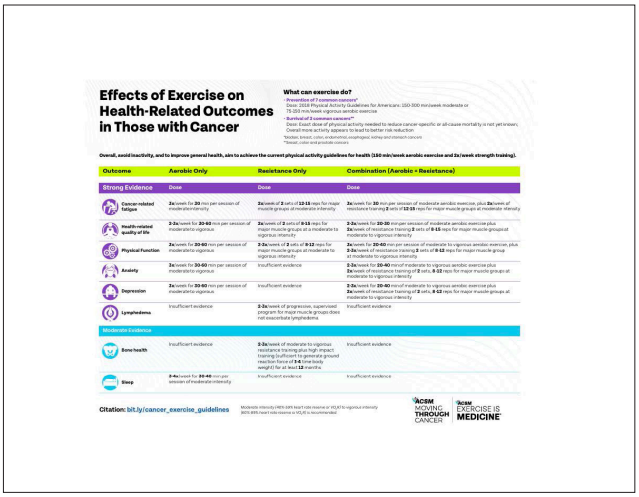
Affiliations + expand

PMID: 42640735 DOI: 10.1556/2060.2026.00863

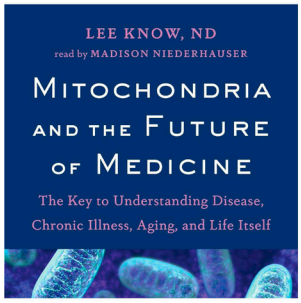
Conclusion: Available evidence suggests that physical exercise has the potential to increase MDP levels, which may be associated with improved metabolic function, increased insulin sensitivity, and the efficiency of cellular energy metabolism. However, current evidence is limited, particularly in human studies. Therefore, further research, particularly controlled clinical trials and longitudinal studies, is needed to confirm these findings and evaluate MDP's potential as a therapeutic target in the prevention and management of metabolic diseases.

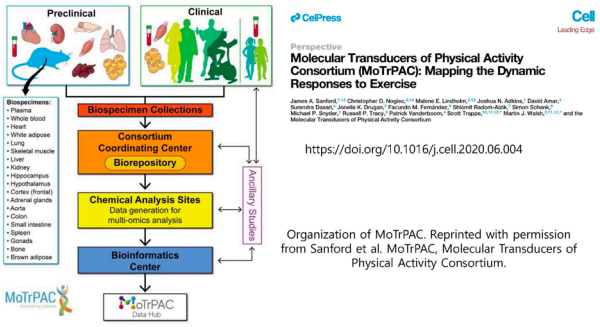


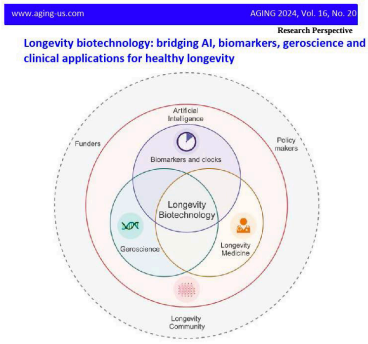
Exercise is not simply "energy expenditure."
↓
Exercise is a powerful stimulus for mitochondrial adaptation.
↓
Mitochondrial fitness influences metabolic health, inflammation, aging, and cancer biology.
↓
Therefore, exercise may be viewed as a form of "mitochondrial medicine."


Effects of Exercise on Health-Related Outcomes in Those with Cancer
What can exercise do?
Outcome
Aerobic Only
Resistance Only
Combination (Aerobic + Resistance)
Strong Evidence
Dose
Cancer-related fatigue
Health-related quality of life
Physical Function
Anxiety
Depression
Lymphedema
Moderate Evidence
Insufficient evidence
Bone health
Sleep
Citation: bit.ly/cancer_exercise_guidelines
ACSM MOVING THROUGH CANCER
Lancet EXERCISE IS MEDICINE


https://jamanetwork.com/journals/jamasurgery/article-abstract/2819794
JAMA Surgery
RCT: Early Implementation of Exercise to Facilitate Recovery After Breast Cancer Surgery
POPULATION
59 Women
INTERVENTION
58 Patients randomized
USUAL CARE
SETTINGS / LOCATIONS
1 Tertiary Center in South Korea
PRIMARY OUTCOME
FINDINGS
jamanetwork.com
Early Implementation of Exercise to Facilitate Recovery After Breast Cancer...


LEE KNOW, ND
read by MADISON NIEDERHAUSER
MITOCHONDRIA AND THE FUTURE OF MEDICINE
The Key to Understanding Disease, Chronic Illness, Aging, and Life Itself


Preclinical
Clinical
Biospecimens:
• Plasma
• Whole blood
• Heart
• White adipose
• Lung
• Skeletal muscle
• Liver
• Kidney
• Hippocampus
• Hypothalamus
• Cortex (frontal)
• Adrenal glands
• Aorta
• Colon
• Small intestine
• Spleen
• Gonads
• Bone
• Brown adipose
Biospecimen Collections
Consortium Coordinating Center
Biorepository
Chemical Analysis Sites
Data generation for multi-omics analysis
Bioinformatics Center
Ancillary Studies
MoTrPAC
MoTrPAC Data Hub
CellPress
Cell
Leading Edge
Perspective
Molecular Transducers of Physical Activity Consortium (MoTrPAC): Mapping the Dynamic Responses to Exercise
https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.06.004
Organization of MoTrPAC. Reprinted with permission from Sanford et al. MoTrPAC, Molecular Transducers of Physical Activity Consortium.


www.aging-us.com
AGING 2024, Vol. 16, No. 20
Research Perspective
Longevity biotechnology: bridging AI, biomarkers, geroscience and clinical applications for healthy longevity
Artificial Intelligence
Funders
Policy makers
Biomarkers and clocks
Longevity Biotechnology
Geroscience
Longevity Medicine
Longevity Community

조진경

학력

성균관대학교 스포츠과학과 체육학사

가톨릭의과대학교 의학세포생물학 이학석사

성균관대학교 스포츠과학과 운동생리학전공 체육박사

주요 경력

2020 - 2023	국민체육진흥공단 한국스포츠과학원 연구위원
2024 -	현재 대한스포츠의학회 대한스포츠의학회지 간사
2025 -	현재 한국운동생리학회 운동과학 부편집장
2023 - 2025	한국운동영양학회 학술위원장

현재 소속 및 직위

성균관대학교 스포츠과학과 조교수

노화·근감소증·노쇠에서 미토콘드리아: 운동의 역할과 미래 전망

성균관대학교

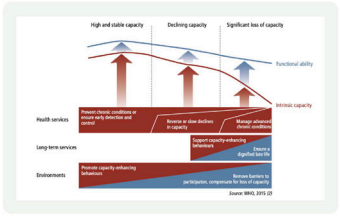
조진경

Contents

- ✓ The Cycle of Frailty
- ✓ Beyond Muscle Quantity
- ✓ Mitochondrial Quality
- ✓ Exercise as a Geroscience Intervention
- ✓ Precision Exercise Medicine
- ✓ The Future of Frailty Management

2

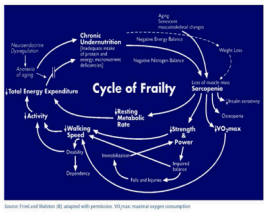
The Cycle of Frailty

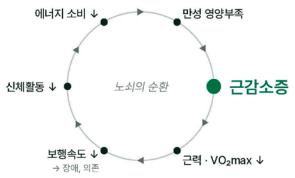


WHO는 건강한 노화의 목표는 단순히 질병이 없는 상태가 아니라, 노인이 원하는 삶을 살아갈 수 있는 기능적 능력을 최대한 유지하는 것으로 재정의(2015)

3

The Cycle of Frailty





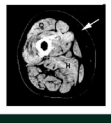
노쇠는 단순히 **'나이가 들어서 약해지는 현상'**이 아니라 영양, 근육, 신체기능, 신체활동 감소가 서로를 악화시키는 순환적 과정

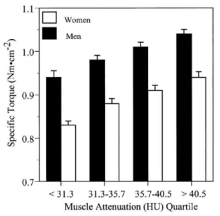
4

Beyond Muscle Quantity

Attenuation of skeletal muscle and strength in the elderly: The Health ABC Study

BRET H. GOODPASTER,[1] CATHERINE L. CARLSON,[1] MARJOLEIN VISSER,[2,3] DAVID E. KELLEY,[1] ANN SCHERZINGER,[4] TAMARA B. HARRIS,[5] ELIZABETH STAMM,[4] AND ANNE B. NEWMAN[5]





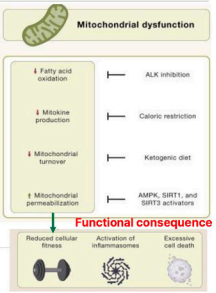
근육양이 같아도 근육의 질이 다르면 근력이 다를 수 있다.

5

Beyond Muscle Quantity

What Determines Muscle Quality?

- **Muscle composition**
  Fat infiltration, Fibrosis
- **Muscle fiber characteristics**
  Fiber type, Contractile properties
- **Neuromuscular function**
  Motor unit recruitment, Neural activation
- **Muscle metabolism**
  Oxidative metabolism, mitochondrial function



8

Mitochondrial Quality

나이가 들수록

- mtDNA 양 ↓
- 미토콘드리아 ATP 생산 ↓
- 산화 DNA 손상 (8-oxo-dG) ↑

근생검 146명, 18-89세
ATP 생산은 유산소능력 연관

Short KR, et al. PNAS 2005

- **OXPHOS · ATP 생산 ↓**
  근감소증 근육(119명, 3개 코호트): PGC-1α/ERRα, OXPHOS, NAD⁺ 모두 감소
- **ROS ↑ · 산화환원 불균형**
  고령 근육에서 8-oxo-dG 증가 (산화 손상 노화 이론)
- **mtDNA 결손**
  전자전달계 이상(COX⁻/SDH⁺⁺) 섬유: 49세 약 6% → 92세 31%, 모든 이상 섬유에서 클론성 결손

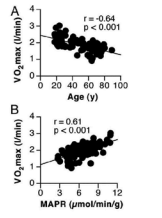
Short KR, et al. PNAS 2005;102:5618-23; Migliavacca E, et al. Nat Commun 2019;10:5808; Bua E, et al. Am J Hum Genet 2006;79:469-80

7

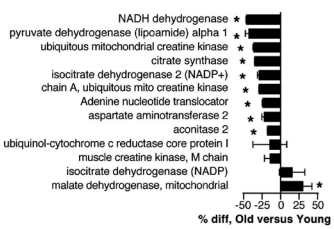
Mitochondrial Quality

Decline in skeletal muscle mitochondrial function with aging in humans

Short KR, et al. PNAS 2005;102:5618-23



MAPR: mitochondrial ATP production rate



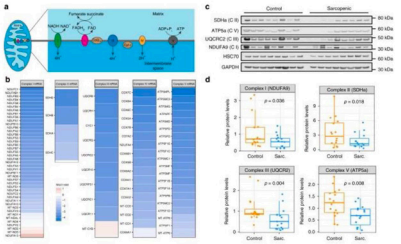
López-Otín C, et al. Cell 2023;186:243-78

8

Mitochondrial Quality

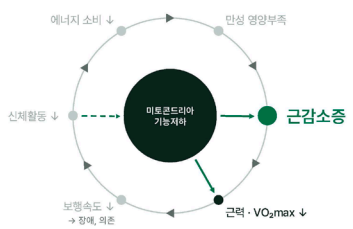
Mitochondrial oxidative capacity and NAD+ biosynthesis are reduced in human sarcopenia across ethnicities - PMC

Migliavacca E, et al. Nat Commun 2019;10:5808.



9

Mitochondrial Quality



→ 근감소증
ATP 부족, 근섬유 소실

→ 근력 · VO_2max
수축에 필요한 산화능 저하

되먹임 (정선)
비활동 → PGC-1α ↓ → 미토콘드리아 악화

Fried LP, Walston J. 1998 도시에 미토콘드리아 경로를 추가하여 재구성; Hood DA, et al. Annu Rev Physiol 2019;81:19-41

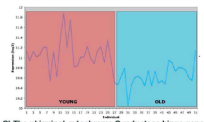
10

Exercise as a Geroscience Intervention

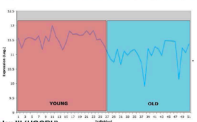
Resistance Exercise Reverses Aging in Human Skeletal Muscle

Melov S, et al. PLoS One 2007;2:e465.

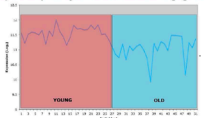
A) The beta subunit of succinyl CoA synthase (SUCLA2)



B) The C subunit of succinate dehydrogenase (SDHC)



C) The ubiquinol-cytochrome C reductase hinge gene of complex III (UQCRH).



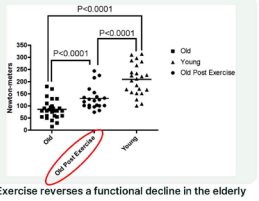
Mitochondrial genes decline with age. Shown here are three genes which encode mitochondrial proteins, all of which decline with age.

11

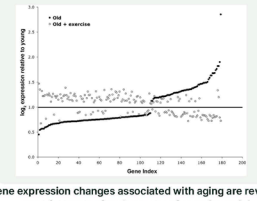
Exercise as a Geroscience Intervention

Resistance Exercise Reverses Aging in Human Skeletal Muscle

Melov S, et al. PLoS One 2007;2:e465.



Exercise reverses a functional decline in the elderly



Gene expression changes associated with aging are reverse to youthful levels after 6 months of exercise training

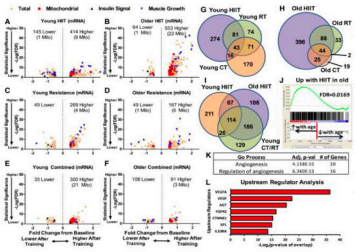
노화 유전자 596개 중 179개가 젊은 수준 쪽으로 역전

12

Exercise as a Geroscience Intervention: Exercise intensity

Enhanced Protein Translation Underlies Improved Metabolic and Physical Adaptations to Different Exercise Training Modes in Young and Old Humans

Robinson MM, et al. Cell Metab 2017;25:581-92



고령자에서는 HIIT만 호흡능 증가

병행운동은 젊은 성인만 +38%, 저항운동 단독은 변화 없음

HIIT가 노화로 줄어든 미토콘드리아 단백질 회복

미토콘드리아 단백질 합성 증가와 동반

모든 운동이 인슐린 감수성·제지방량 개선

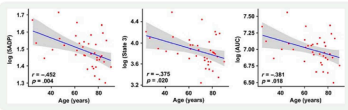
근육량에는 저항운동, 미토콘드리아에는 HIIT

13

Exercise as a Geroscience Intervention: Fitness

Skeletal muscle ex vivo mitochondrial respiration parallels decline in vivo oxidative capacity, cardiorespiratory fitness, and muscle strength: The Baltimore Longitudinal Study of Aging

Gonzalez-Freire M, et al. Aging Cell 2018;17:e12725.



나이가 들수록 호흡능 감소

ADP 조건별 r = -0.45 ~ -0.38

성별·BMI 보정

Fig. 1: 5 ADP, State 3, AUC 산소소비와 나이

Table 3 (발췌). 미토콘드리아 호흡능과 체력·근기능의 상관 (Pearson r; 녹색 강조 p < 0.05)

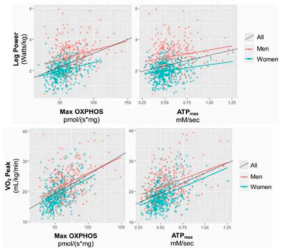
측정 항목	최대하 State 3 (5 ADP)	p	State 3	p
VO_2max	.610	<.001	.360	.026
악력	.360	.026	.281	.087
다리 근력	.411	.010	.356	.028
PCr 회복 속도 (kPCr)	.376	.023	.213	.205
400 m 보행 시간	-.435	.007	-.232	.167

14

Exercise as a Geroscience Intervention: Fitness

Mitochondrial Energetics in Skeletal Muscle Are Associated With Leg Power and Cardiorespiratory Fitness in the Study of Muscle, Mobility and Aging

Mau T, et al. J Gerontol A Biol Sci Med Sci 2023;78:1367-75



지표

Max OXPHOS

근생검 섬유의 최대 산화적 인산화 능력

ATPmax

^{31}P-MRS로 잰 생체 근육의 최대 ATP 생산

결과

VO_2peak

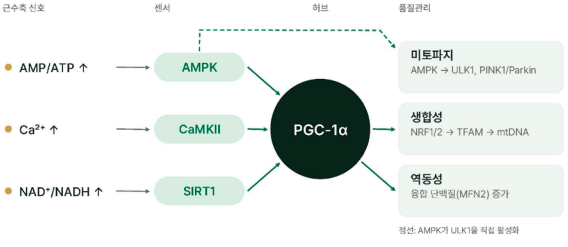
두 지표 모두 남녀에서 연관 (β 0.87-1.50)

다리 근파워

Max OXPHOS는 남녀 모두, ATPmax는 남성만 연관

15

Exercise as a Geroscience Intervention: Mechanism



정선: AMPK가 ULK1을 직접 활성화

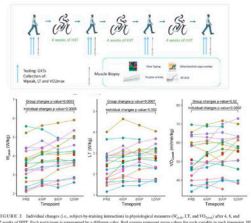
Egan B, Zierath JR. Cell Metab 2013;17:162-84; Hood DA, et al. Annu Rev Physiol 2019;81:19-41; Laker RC, et al. Nat Commun 2017;8:548

16

Precision Exercise Medicine

Individual physiological and mitochondrial responses during 12weeks of intensified exercise

Jacques M, et al. Physiol Rep 2021;9(15):e14962



개인별 미토콘드리아 운동반응

- 미토콘드리아 관련 지표: citrate synthase, cytochrome-c oxidase
- 운동수행능력: VO2peak, 최대 운동파워, 젖산역치

12주간 점진적인 HIIT를 실시하고 4주마다 근육생검과 운동수행능력 평가

17

Precision Exercise Medicine

Training-Induced Changes in Mitochondrial Content and Respiratory Function in Human Skeletal Muscle

Granata C, et al. Sports Med 2018;48(8):1809-1828

미토콘드리아 적응을 유도하기 위해 운동처방 변수를 어떻게 조절할 것인가

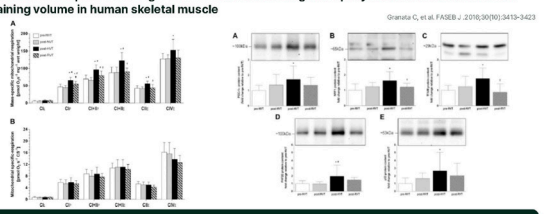
Training volume	Mitochondrial content
Relative exercise intensity	Mitochondrial respiratory function

18

Precision Exercise Medicine

Mitochondrial adaptations to high-volume exercise training are rapidly reversed after a reduction in training volume in human skeletal muscle

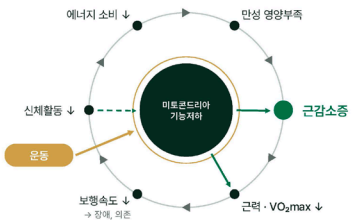
Granata C, et al. FASEB J. 2016;30(10):3413-3423



개인 맞춤형 운동처방에서는 운동강도뿐 아니라 충분한 운동량과 장기적인 유지 전략도 중요

19

Take-home: 운동은 노쇠 순환을 끊는 가장 확실한 고리



1 **중심은 근감소증**
상류에는 미토콘드리아 품질관리 실패

2 **운동이 품질관리를 되살린다**
AMPK · SIRT1 · PGC-1α
→ 품질관리 회복
→ 이동장애 감소

3 **저항운동 중심 다요소 처방**
보충제·mimetics는 보완 수단

20

정세희

학력

2001 서울대학교 의과대학 졸업(학사)

2004 서울대학교 의과대학 의학석사(재활의학)

2008 서울대학교 의과대학 의학박사(뇌신경과학)

주요 경력

현 대한스포츠과학운동의학회 이사

2018-2019 미국 Oregon Health and Science University 파킨슨센터 방문교수

저서: '길 위의 뇌(2024)'

24년차 러너

현재 소속 및 직위

현 서울대학교 의과대학 재활의학교실 기금교수

현 서울특별시보라매병원 재활의학과장, 교수

현 서울대학교 의과대학 관악학사실장

현 서울특별시남부 지역장애인보건의료센터장

대표논문

1. Jung, S. H. (2022). Stroke rehabilitation fact sheet in Korea. Annals of rehabilitation medicine, 46(1), 1-8. Uhm, Y. J., Kim, J. H., & Jung, S. H. (2022). Interventions for sarcopenic dysphagia: a systematic review. Journal of the Korean Dysphagia Society, 12(2), 96-104.
2. Shin, H. I., & Jung, S. H. (2021). Body fat distribution and associated risk of cardiovascular disease in adults with cerebral palsy. Frontiers in Neurology, 12, 733294.
3. Jung, S. H., Hasegawa, N., Mancini, M., King, L. A., Carlson-Kuhta, P., Smulders, K., ... & Horak, F. B. (2020). Effects of the agility boot camp with cognitive challenge (ABC-C) exercise program for Parkinson's disease. NPJ Parkinson's disease, 6(1), 31.

뇌건강·뇌질환에서의 미토콘드리아: 운동과 신경재활의 임상적 확장

서울대의대

정세희

뇌는 체중의 약 2%에 불과하지만 에너지의 약 20%를 소비하며, 분열하지 않고 긴 축삭을 가진 신경세포는 산화적 인산화에 크게 의존한다. 따라서 미토콘드리아의 작은 결손도 시냅스 기능 이상으로 이어지기 쉽다. 시냅스 미토콘드리아는 에너지 역치가 낮아 증상 발현 전에 예비 용량이 소진될 수 있다. 본 강의는 뇌 에너지와 미토콘드리아 생물학, 신경질환에서의 미토콘드리아 기전, 운동이 뇌 미토콘드리아에 미치는 영향, 임상 적용과 근거를 다룬다.

신경퇴행성 질환의 공통 기전은 단백질 응집, 시냅스 기능 이상, 단백질 항상성 이상, 세포골격 이상, 에너지 항상성 이상, DNA·RNA 결손, 염증, 신경세포 사멸의 8가지 hallmark로 정리되며, 이들은 서로 밀접히 연결되어 단일 표적 치료의 한계를 시사한다. 미토콘드리아는 이 중 에너지 항상성의 중심일 뿐 아니라, 활성산소를 통한 DNA 손상, 미토파지 실패, mtDNA 유출에 의한 cGAS–STING 염증 신호, 사이토크롬 c·AIF 유출을 통한 세포 사멸에도 관여한다. 외상성 뇌손상에서도 미토콘드리아 유래 손상 신호(ATP, 사이토크롬 c, mtDNA)가 신경염증을 증폭한다.

운동은 AMPK–SIRT1–PGC-1α 경로를 통해 미토콘드리아 생합성, 융합·분열 균형, 미토파지를 조절한다. 마우스에서 8주 트레드밀 운동은 뇌 여러 부위의 PGC-1α, SIRT1, citrate synthase 발현과 mtDNA를 증가시켰고, 파킨슨·알츠하이머 모델에서는 융합 단백질(OPA1, MFN2)과 미토파지 지표를 회복시켰다. 반대로 10일간의 후지 고정은 쥐 해마의 미토콘드리아 ROS를 약 2~3배 높이고 BDNF를 낮추었다. 근육과 뇌 사이에서는 BDNF, cathepsin B, GPLD1, clusterin, 혈소판 인자 4(PF4), kynurenic acid 등의 exerkine이 매개 역할을 하는 것으로 제시되나, 대부분 동물 연구이며. 운동이 사람 뇌 미토콘드리아 기능을 바꾼다는 직접 증거는 아직 없다.

운동은 현재 증상 조절과 인지 기능 유지를 위한 근거 있는 중재이며, 미토콘드리아는 그 작용을 설명할 유력한 기전이다. 신경재활 영역에서는 가소성 창, 에너지 공급, 기저 체력에 따른 용량 설정이 검증할 가설이다.

The 69th Autumn Conference of Korean Society of Sports Medicine

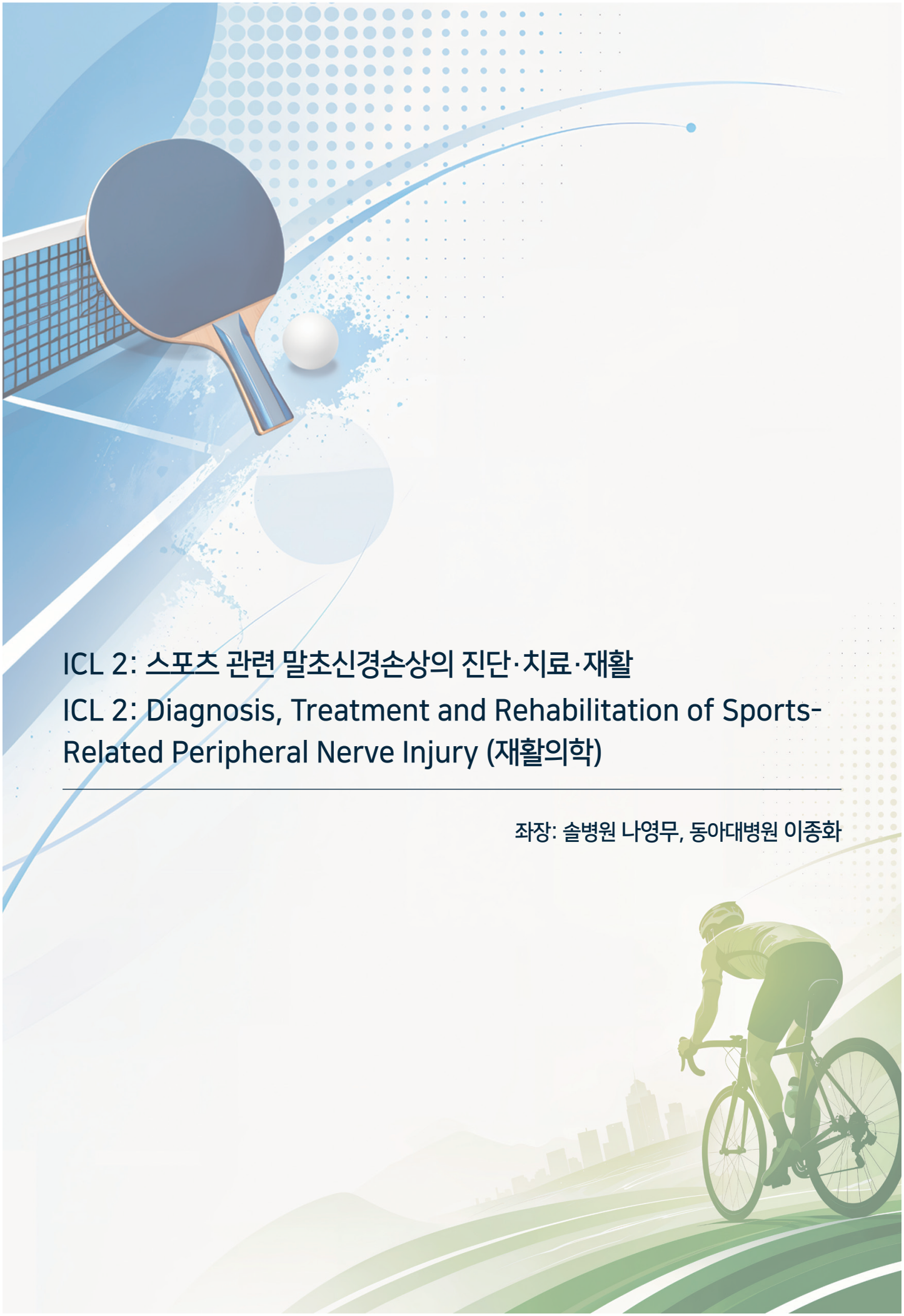
사단법인 대한스포츠의학회

제69차 추계학술대회

11월 1일(일요일)

Room B





ICL 2: 스포츠 관련 말초신경손상의 진단·치료·재활

ICL 2: Diagnosis, Treatment and Rehabilitation of Sports-Related Peripheral Nerve Injury (재활의학)

좌장: 솔병원 나영무, 동아대병원 이종화

박홍범

학력

고려대학교 의과대학 의학과 학사 (2008.03 – 2014.02)

고려대학교 대학원 석사 (2016.03 – 2021.02)

고려대학교 대학원 박사 수료 (2022.03 – 2024.03)

주요 경력

대한근전도전기진단의학회 편집위원회 간사 (2025.03 – 현재)

대한근전도전기진단의학회 교과서 집필 – 단일신경병증: 요골신경병증 (2026)

대한신경근골격초음파학회 정보위원회 간사 (2025.03 – 현재)

고려대학교 안산병원 재활의학과 임상강사 (2022.03 – 2023.02)

고려대학교 안산병원 재활의학과 전공의 (2015.03 – 2019.02)

현재 소속 및 직위

고려대학교 안산병원 재활의학과 임상조교수

대표논문

1. Park HB, Choi YK, Lim JC, Kim DH. Integrated diagnostic approaches for superficial radial neuropathy: the role of ultrasonography in enhancing morphological assessments. PM&R. 2026;18(5):539-546.
2. Park HB, Ryou CH, Kim KH, Kim DH. Ultrasonographic evaluation of the optimal needle position in the supinator muscle. Journal of Clinical Neurology. 2023;19(4):376-380.
3. Park HB, Im JY, Kim D, Kim KH, Kim NH, Rhyu IJ, Kim DH. Optimal placement for needle electromyography of the supinator muscle: cadaveric studies. Muscle & Nerve. 2022;66(1):80-84.

스포츠 관련 말초신경손상의 진단: 임상에서 전기진단과 초음파까지 (손상기전·localization·EDX·US/MRI)

고대안산병원

박홍범

서론

스포츠 관련 peripheral nerve injury가 늘고 있다. 미국 응급실 자료에 따르면 발생률은 2009년 백만 인년당 21.5건에서 2018년 51.9건으로 증가했다[1]. 진단의 핵심 질문은 손상 유형에 따라 다르다. Traction·contusion·dislocation에 의한 acute injury에서는 '언제 검사하는가'를 묻는다. 반복 부하와 자세에 의한 chronic entrapment에서는 '어디서 눌리는가'를 묻는다. 선수에서는 asymptomatic 이상 소견도 흔하다. 독일 1부 리그 남자 배구 선수 30명을 needle EMG로 선별한 연구에서 12명에게 suprascapular neuropathy가 확인되었다. 이 중 8명은 진찰 소견이 정상이었다[2]. 이 강의는 진찰, electrodiagnosis(EDX), ultrasound 순서로 진단과 prognosis 판정까지 다룬다.

진찰과 localization

선수는 안정 시 진찰 소견이 정상인 경우가 많다. Deficit은 운동이나 유발 자세 뒤에만 드러나기도 한다[3]. 근력이 떨어져도 경기력 저하를 호소하지 않을 수 있다[2]. 그러므로 유발 동작을 시킨 뒤 다시 진찰해야 한다. 양측 또는 하지 증상을 동반한 stinger에서는 말초신경보다 spinal cord 손상을 먼저 의심한다[4].

Isolated palsy처럼 보여도 실제 병변은 더 넓을 수 있다. 'Isolated' long thoracic nerve palsy로 진단된 7명을 재평가한 연구에서 7명 모두 long thoracic nerve 밖에서도 이상 소견이 있었다[5]. 따라서 인접 신경, 같은 myotome의 다른 근육, paraspinal muscle까지 검사한 뒤에 localization을 확정한다.

증례 1은 취미로 역도를 하는 33세 남성이다. 1년간 후방 어깨 통증이 있었고, 이후 external rotation weakness가 생겼다. Suprascapular nerve CMAP은 contralateral side의 약 4%였다. Needle EMG 이상은 supraspinatus와 infraspinatus에 국한되었다. Deltoid, biceps, C5–C7 paraspinal muscle은 정상이었다. Supraspinatus가 침범되었으므로 spinoglenoid notch 병변은 아니다. Deltoid와 paraspinal muscle이 정상이므로 C5 root나 upper trunk 병변도 아니다. 1년에 걸친 만성 경과와 suprascapular nerve에 국한된 분포는 neuralgic amyotrophy와 맞지 않는다. 따라서 병변 부위는 suprascapular notch로 좁혀진다[6].

EDX

Acute injury 직후에는 distal conduction이 유지된다. 그래서 이 시기에는 conduction block과 axon loss를 구분할 수 없다. Distal CMAP은 7–9일, SNAP은 9–11일에 nadir에 이른다. Fibrillation potential은 병변에 가까운 근육에서 10–14일, 먼 근육에서 3–4주에 나타난다[7]. 이에 따라 다음 순서로 검사한다. 첫 주에는 ultrasound로 continuity를 확인한다. 7–10일 이후에는 distal CMAP을 평가한다. 3–4주에는 NCS와 needle EMG를 모두 시행해 conduction block과 axon loss를 구분한다. 3개월에는 reinnervation을 확인한다.

Severity는 distal CMAP을 contralateral side와 비교해 추정한다. Needle EMG로 prognosis를 판정할 때는 검사 시점이 중요하다. Traumatic radial nerve injury에서 distal muscle의 MUP 소실이 severe lesion을 가리키는 specificity는 3개월 77%에서 4개월 95%로 높아졌다[8].

Chronic entrapment에서는 선수의 자세와 동작을 검사에 반영한다. 투구 선수에서 팔꿈치 ulnar neuropathy를 볼 때는 elbow flexion 상태에서 NCS를 시행한다. 정상인을 대상으로 한 연구에서 ulnar nerve subluxation이 있는 경우 surface distance는 평균 1.6 cm 길게 측정되었다. 이 때문에 conduction velocity가 평균 7.9m/s 빠르게 계산되어 실제 slowing을 놓칠 수 있다[6]. 장거리 사이클 투어 전후를 비교한 연구에서는 FDI에서 기록한 distal latency만 연장되었고, ADM 기록은 변하지 않았다[9]. 그러므로 Guyon canal 병변이 의심되면 ADM과 함께 FDI에서도 기록한다. Thoracic outlet syndrome, quadrilateral space syndrome, posterior interosseous nerve 병변에서는 EDX 결과가 정상인 경우가 많다. EDX가 정상이어도 이 질환들을 배제할 수 없다.

Ultrasound

EDX는 신경의 생리를, ultrasound는 구조를 보여 준다. Traumatic nerve injury가 있는 112개 신경에서 EDX에 ultrasound를 더하자 58%에서 진단이나 치료 방침이 바뀌었다. 이 비율은 complete axonal lesion에서 84%로 가장 높았다. Complete axonal lesion에서는 EDX만으로 nerve transection과 lesion in continuity를 구분할 수 없는데, ultrasound가 이 둘을 가려 준다[10].

Lesion in continuity 74건의 individual patient data meta-analysis에서 fascicular disruption은 high-grade injury와 강하게 연관되었다(adjusted odds ratio 21.6, 95% CI 4.02–116). 이 값은 연관성의 크기이며 sensitivity나 specificity 같은 diagnostic accuracy가 아니다. Confidence interval도 넓어 추정치가 불안정하다[11].

CSA 값은 건강인 reference range와 diagnostic cutoff를 구분해서 읽어야 한다. 팔꿈치 ulnar nerve의 reference range는 4.2–8.8 mm^2이다[12]. 반면 흔히 쓰는 diagnostic cutoff는 10 mm^2이다[13]. 선수 집단에서 검증된 CSA 기준은 아직 없다. 한쪽에만 생긴 병변에서는 좌우 차이를 함께 보는 편이 유용하다.

Dynamic ultrasound는 팔꿈치를 굽힐 때만 나타나는 ulnar nerve subluxation을 보여 준다. 그러나 프로 투수의 38.5%에서 asymptomatic subluxation이 관찰되었다[14]. 그러므로 subluxation은 증상·진찰 소견과 맞을 때만 원인으로 본다.

증례 2는 축구를 하다 knee dislocation이 생긴 뒤 common peroneal nerve palsy가 온 27세 환자이다. Ultrasound에서 nerve enlargement가 9 cm에 걸쳐 있었고, 최대 CSA는 64 mm^2였다[10]. 같은 연구진은 knee dislocation 환자 8명을 추적했다. 이 중 enlargement가 길고 큰 5명은 회복이 없거나 미미했다[15]. 이 case series는 8명뿐이고 첫 검사 시점도 1–14개월로 제각각이다. 그래서 enlargement 길이를 prognostic cutoff로 쓰기에는 근거가 부족하다. 다만 enlargement가 길게 이어질 수 있으므로, knee dislocation 뒤에는 fibular head에서 멈추지 말고 sciatic bifurcation까지 스캔한다.

감별과 종합

Stinger에서 EDX로 가릴 것은 병변이 root에 있는지, upper trunk에 있는지이다. Paraspinal muscle, rhomboid, serratus anterior가 침범되면 root 병변을 시사한다[6,16]. Lateral antebrachial cutaneous nerve SNAP이나 thumb SNAP의 amplitude가 contralateral side보다 50% 넘게 작으면 upper trunk 병변을 시사한다[6]. 증상이 24시간 넘게 지속되거나, 한 시즌 2회 이상 또는 누적 3회 이상 발생하면 imaging을 권한다[17]. 증상이 2주 이상 지속되면 EDX를 권한다[16].
외상 직후에는 증상이 없다가 몇 시간 뒤 심한 통증과 약화가 생기면 neuralgic amyotrophy를 의심한다[18]. Plexus의 한 부위로 설명되지 않는 patchy distribution, 정상 paraspinal muscle, ultrasound의 hourglass constriction이 진단의 단서가 된다[18,19].
출처마다 fibrillation potential 출현 시점, 첫 검사 시점, surgical referral 시점이 다르게 제시된다. 이런 차이는 숫자보다 원리로 이해하는 편이 낫다. Fibrillation potential은 병변과 근육 사이가 멀수록 늦게 나타난다. 첫 검사 시점은 검사로 무엇을 확인하려는지에 따라 달라진다. 3개월에 reinnervation 증거가 없으면 surgical referral을 시작하고, 수술 여부는 6개월 안에 결정한다[7].
Ultrasound로 보기 어려운 retroclavicular plexus와 골반 부위, 그리고 root avulsion은 MR neurography로 평가한다. 이 진단 흐름은 문헌을 종합한 제안이며, 검증된 clinical guideline은 아니다. 치료와 복귀는 이어지는 강의에서 다룬다.

Key words: Peripheral nerve injuries; Athletes; Electrodiagnosis; Ultrasonography; Nerve compression syndromes

참고문헌

1. Li NY, Onor GI, Lemme NJ, Gil JA. Epidemiology of peripheral nerve injuries in sports, exercise, and recreation in the United States, 2009–2018. Phys Sportsmed. 2021;49(3):355–362.
2. Holzgraefe M, Kukowski B, Eggert S. Prevalence of latent and manifest suprascapular neuropathy in high-performance volleyball players. Br J Sports Med. 1994;28(3):177–179.
3. Stokes DC, Toole K, Cushman DM. Upper extremity neuropathies in athletes. Curr Sports Med Rep. 2025;24(11):356–365.
4. Ahearn BM, Starr HM, Seiler JG. Traumatic brachial plexopathy in athletes: current concepts for diagnosis and management of stingers. J Am Acad Orthop Surg. 2019;27(18):677–684.
5. Maldonado AA, Zuckerman SL, Howe BM, Mauermann ML, Spinner RJ. "Isolated long thoracic nerve palsy": more than meets the eye. J Plast Reconstr Aesthet Surg. 2017;70(9):1272–1279.
6. Preston DC, Shapiro BE. Electromyography and neuromuscular disorders: clinical-electrophysiologic-ultrasound correlations. 4th ed. Philadelphia: Elsevier; 2020.
7. Robinson LR. Traumatic injury to peripheral nerves. Muscle Nerve. 2022;66(6):661–670.
8. Steenbeek ED, Pondaag W, Tannemaat MR, Van Zwet EW, Malessy MJA, Groen JL. Optimal timing of needle electromyography to diagnose lesion severity in traumatic radial nerve injury. Muscle Nerve. 2023;67(4):314–319.
9. Akuthota V, Plastaras C, Lindberg K, Tobey J, Press J, Garvan C. The effect of long-distance bicycling on ulnar and median nerves: an electrophysiologic evaluation of cyclist palsy. Am J Sports Med. 2005;33(8):1224–1230.

10. Padua L, Di Pasquale A, Liotta G, Granata G, Pazzaglia C, Erra C, et al. Ultrasound as a useful tool in the diagnosis and management of traumatic nerve lesions. Clin Neurophysiol. 2013;124(6):1237–1243.
11. Cathey JM, Zirbes CF, Klifto KM, Joh DY, Wu CM, French RJ, et al. High-resolution ultrasound for diagnosing severity of traumatic peripheral nerve injuries-in-continuity: a systematic review, meta-analysis of individual participants' data, and illustrative patient series. Muscle Nerve. 2026. Epub ahead of print.
12. Nerve reference values for ultrasonography (Appendix 2). In: Aminoff MJ, Ralph JW, Walker FO, eds. Aminoff's diagnosis of neuromuscular disorders. 4th ed. Elsevier; 2024:668–669.
13. Peck E, Strakowski JA. Ultrasound evaluation of focal neuropathies in athletes: a clinically-focused review. Br J Sports Med. 2015;49(3):166–175.
14. Looney AM, Day HK, Reddy MP, Paul RW, Nazarian LN, Cohen SB. Prevalence of bilateral ulnar nerve subluxation among professional baseball pitchers. J Shoulder Elbow Surg. 2024;33(3):550–555.
15. Coraci D, Tsukamoto H, Granata G, Briani C, Santilli V, Padua L. Fibular nerve damage in knee dislocation: spectrum of ultrasound patterns. Muscle Nerve. 2015;51(6):859–863.
16. Tarpada SP, Cho W. Stingers. In: Miller MD, Thompson SR, eds. DeLee, Drez & Miller's orthopaedic sports medicine. 5th ed. Philadelphia: Elsevier; 2020:1570–1577.
17. Dutton RA, Norbury J, Colorado B. Sports-related peripheral nerve injuries of the upper limb. Muscle Nerve. 2024;69(5):527–542.
18. Hershman EB, Wilbourn AJ, Bergfeld JA. Acute brachial neuropathy in athletes. Am J Sports Med. 1989;17(5):655–659.
19. Arányi Z, Csillik A, Dévay K, Rosero M, Barsi P, Böhm J, et al. Ultrasonographic identification of nerve pathology in neuralgic amyotrophy: enlargement, constriction, fascicular entwinement, and torsion. Muscle Nerve. 2015;52(4):503–511.

김낙환

학력

고려대학교 의학과 학사

고려대학교 일반대학원 의학과 석사

고려대학교 일반대학원 의과학과 박사

주요 경력

고려대학교구로병원 재활의학과 임상부교수

대한임상통증학회 홍보위원장

대한신경근골격계초음파학회 홍보위원장

한국통증중재시술연구회 간행위원장

Certified Interventional Pain Sonologist (CIPS), in World Institute of Pain (WIP)

American Board of Electrodiagnostic Medicine (ABEM)

현재 소속 및 직위

고려대학교의과대학 인강행동과유전자연구소 연구교수

대표논문

1. Lee, J. Y., Lee, H. I., Lee, S. H., & Kim, N. H. (2024). Mechanical influence of facet tropism in patients with chronic discogenic pain disorder. Bone & Joint Research, 13(9), 452-461.
2. Sul, D. (2023). Assessment of a discogenic pain animal model induced by applying continuous shear force to intervertebral discs. Pain Physician, 26, E181-E189.
3. Baek, B. C., & Kim, N. (2026). Enhancing adherence and outcomes in rotator cuff-related shoulder pain: A randomized trial of individualized exercise sequencing. Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation, 10538127261445293.

스포츠 관련 말초신경손상의 치료: 보존적에서 중재적 치료까지 (약물·injection/hydrodissection·수술 적응증)

고대의대

김낙환

Intro

● **Incidence**

연구·대상	결과
Japan: Hirasawa & Sakakida, 1983.	▪ 진료 중인 스포츠 손상 9,550건 중 신경손상 28건 **(0.29%)**
US: Li et al., 2021.	▪ 응급실 말초신경손상 ▪ 추정 551,612건 중 120,675건 **(21.9%)** 운동·스포츠·여가 관련
US: Zuckerman et al., 2019.	▪ 스포츠 관련 신경손상 1.46/10만 ▪ 남자 미식축구 5.46/10만 (9.4%는 시즌 조기 종료)

● **Surgical intervnetion**

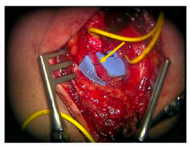
- Pac-12 Health Analytics Program database (15,609명)
- 미국 대학 스포츠 협회(NCAA) Division I
- 상지 신경 손상 213명 (1.36%)
- football (21.4%), Track and field (10.4%), Rowing (9.1%), Soccer (7.1%), Baseball (7.0%)
- TOS: Rowing 23.3%, Tennis 16.4%, Swimming 9.6%

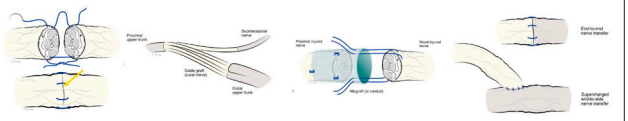
질환군	대상 수	수술개입
전체 상지 신경·혈관 질환군	213명	**4.7%**
- Thoracic outlet syndrome	73명	**13.7%**
- Transient brachial plexus injury	126명	**0%**
- Neurologic neck injury	14명	**0%**

Hirasawa, Y., & Sakakida, K. (1983). Sports and peripheral nerve injury. *The American journal of sports medicine*, *11*(6), 420-426.
Li, N. Y., Onor, G. I., Lemme, N. J., & Gil, J. A. (2021). Epidemiology of peripheral nerve injuries in sports, exercise, and recreation in the United States, 2009–2018. *The Physician and Sportsmedicine*, *49*(3), 355-362.
Zuckerman, S. L., Kerr, Z. Y., Pierpoint, L., Kirby, P., Than, K. D., & Wilson, T. J. (2019). An 11-year analysis of peripheral nerve injuries in high school sports. *The Physician and Sportsmedicine*, *47*(2), 167-173.
Heath, D. M., Talutis, S. D., Golzar, A., Ulloa, J. G., Gelbert, H. A., & Hame, S. L. (2026). Upper Extremity Neurovascular Injuries in Collegiate Athletes: Sex, Race, and Return to Sport. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, *14*(2), 23259671251405805.

Nerve surgery option

- Decompression
  - to address specific anatomic causes of compression
  - neurolysis: subtype of decompression
- Reconstruction
  - restoration of nerve continuity and/or nerve function
  - primary repair, nerve grafting, nerve transfers





Bateman, E. A., Pripotnev, S., Larocerie-Salgado, J., Ross, D. C., & Miller, T. A. (2025). Assessment, management, and rehabilitation of traumatic peripheral nerve injuries for non-surgeons. *Muscle & nerve*, *71*(5), 696-714.

Surgical technique	Pros	Cons
Primary repair	▪ Best clinical outcomes	▪ Only suitable for sharp lacerations ▪ Requires repair within days to weeks of injury
Nerve grafting: Autologous	▪ Good clinical outcomes	▪ Donor site deficits ▪ Clinical results poor for longer (>6 cm) gaps
Nerve grafting: Allograft	▪ Good clinical outcomes ▪ No donor site deficits	▪ Expensive ▪ Outcomes may be poorer than autograft in major mixed motor/sensory nerves
Nerve grafting: Conduits	▪ No donor site deficits	▪ Expensive ▪ Poor outcomes in larger nerves or gaps >2–3cm
Nerve transfers: End-to-end	▪ Superior clinical outcomes ▪ May extend window for surgical intervention as healthy nerve brought very close to neuromuscular hilum	▪ Donor nerve required ▪ Some transfers technically challenging ▪ Emphasizes motor recovery
Nerve transfers: End-to-side	▪ May enhance recovery in severe compressive neuropathies ▪ Useful in partial/recovering nerve injuries as allows for proximal recipient nerve recovery	▪ Donor nerve required ▪ Some physicians unconvinced of efficacy ▪ Emphasizes motor recovery

Bateman, E. A., Pripotnev, S., Larocerie-Salgado, J., Ross, D. C., & Miller, T. A. (2025). Assessment, management, and rehabilitation of traumatic peripheral nerve injuries for non-surgeons. *Muscle & nerve*, *71*(5), 696-714.

Tendon transfer option

- based on the same principle as nerve transfers
- transferred muscle/tendon must be expendable such that resultant morbidity is acceptable
- completed at any time after the injury with the only key requirement being that the affected joints remain supple.
- high radial nerve palsy
  - wrist extension restoration: pronator teres to extensor carpi radialis brevis
  - finger extension restoration: flexor carpi radialis to extensor digitorum communis
  - thumb extension restoration: palmaris longus to extensor pollicis longus



Bateman, E. A., Pripotnev, S., Larocerie-Salgado, J., Ross, D. C., & Miller, T. A. (2025). Assessment, management, and rehabilitation of traumatic peripheral nerve injuries for non-surgeons. *Muscle & nerve*, *71*(5), 696-714.

Assessment of PNI: Electrodiagnostic testing (EDX)

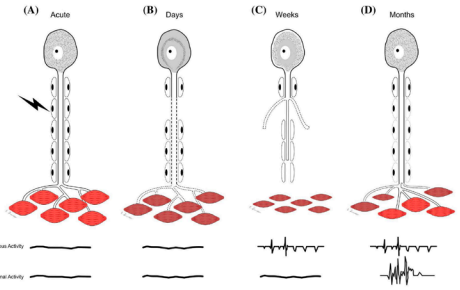
- EDX evaluation to characterize the extent and severity of nerve injury
  - limited ≤1.5-week post-injury
  - most instructive ≥3- to 4-week post-injury
- EDX serves five main purposes
  - determining the extent of nerve injury (i.e., which nerves are affected and which are unaffected)
  - assisting in the localization of injury
  - determining the severity of the nerve injury
  - determining if possible donor nerves for nerve transfer and/or muscles for tendon transfer are available
  - assessing for axonal regrowth and guide rehabilitation
- EDX clinical limitation
  - unable to distinguish purely post-ganglionic injuries from mixed pre-/post-ganglionic injuries
  - cannot distinguish neurotmetic injuries from axonotmetic injuries in a single evaluation
  - sensory NCS may overestimate post-ganglionic injury severity in mixed motor and sensory nerves

Vredeveld JW, Slooff BC, Blaauw G, Richards R. Validation of an electromyography and nerve conduction study protocol for the analysis of brachial plexus lesions in 184 consecutive patients with traumatic lesions. *J Clin Neuromuscul Dis*. 2001; 2(3): 123-128.
Bunnell AE, Kao DS. Planning interventions to treat brachial plexopathies. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2018; **29**(4): 689-703.

- Seddon and Sunderland classifications of post-ganglionic nerve injury severity

Seddon	Sunderland	Definition and key features	Recovery mechanism(s)	Prognosis
Neurapraxia	Grade I	Demyelination without axonal loss	Remyelination	Full recovery; <3 months
Axonotmesis	Grade II	Axonal loss without damage to supporting nerve architecture; Wallerian degeneration occurs	Axon sprouting; axonal regrowth; muscle fiber hypertrophy	Partial to full recovery (1 mm/day);
	Grade III	Axonal loss with endoneurium damage causing intrafascicular disorganization; Wallerian degeneration occurs		Poor; may not recover without surgery
	Grade IV	Axonal loss with endoneurium and perineurium damage causing massive internal disorganization; Wallerian degeneration occurs	Axonal regrowth; muscle fiber hypertrophy	
Neurotmesis	Grade V	Disruption of entire nerve architecture; transection; Wallerian degeneration occurs	No recovery without surgical intervention	
Mixed	Grade VI	Different fascicular groups within a major peripheral nerve have suffered differing degrees of injury	Variable	Poor; may not recover without surgery

- Schematic representation of a motor unit.



Bateman, E. A., Pripotnev, S., Larocerie-Salgado, J., Ross, D. C., & Miller, T. A. (2025). Assessment, management, and rehabilitation of traumatic peripheral nerve injuries for non-surgeons. *Muscle & nerve*, *71*(5), 696-714.

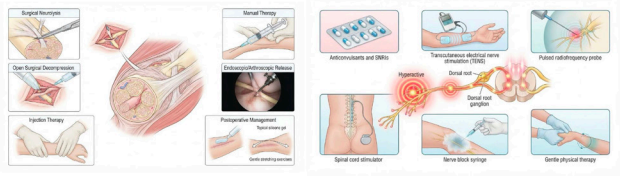
Timing and Indications for surgical assessment

- Indications for immediate referral
  - sharp, penetrating laceration mechanism with immediate neurological deficits
  - if there is sufficient suspicion for a nerve injury
  - primarily repaired within 1–3 weeks of the injury with better results than nerve grafting
  - gunshot wounds: should be explored early when possible
- Indications for delayed referral
  - suspected Sunderland I and II injuries
  - no evidence of definite traction/entrapment
  - Sunderland III–IV with distal injuries
- Injuries with poorest prognosis
  - neuroma in continuity, severe blunt trauma
  - no motor unit potentials are found despite a sufficiently long waiting period (6 month)

Pripotnev S, Bucelli RC, Patterson JMM, Yee A, Pet MA, Mackinnon S. Interpreting electrodiagnostic studies for the management of nerve injury. *J Hand Surg Am*. 2022; **47**(9): 881-889.
Sunderland S. A classification of peripheral nerve injuries producing loss of function. *Brain*. 1951; **74**(4): 491-516.
O'Grady KM, Power HA, Olson JL, et al. Comparing the efficacy of triple nerve transfers with nerve graft reconstruction in upper trunk obstetric brachial plexus injury. *Plast Reconstr Surg*. 2017; **140**(4): 747-758.

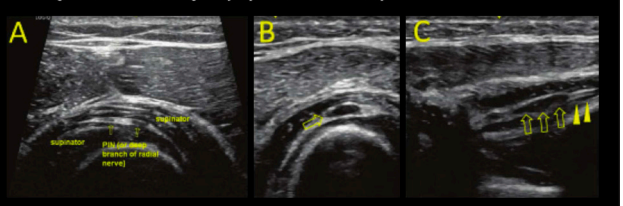
Minimal invasive intervention of PNI

① Interventions to alleviate entrapment and adhesions
② Interventions to manage neuropathic pain
③ Interventions to promote reinnervation and functional recovery

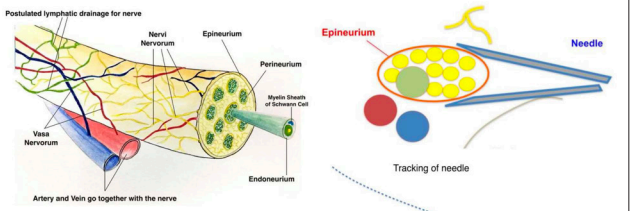


Hydrodissection to alleviate entrapment and adhesions

- Hydrodissection: ⊂ Perineural injection therapy, ≠ Nerve block, ≠ neurolysis, ≠ decompression
- Ultrasound (US)-guided nerve hydrodissection
  - injects fluid in order to separate a nerve from surrounding tissue, fascia, and other structures
    : releasing pressure on the nervi nervorum and vasa nervorum
  - diagnostic features: nerve enlargement just proximal to the site of entrapment



Colorado, Berdale, Darien McNeill, and John Norbury. "Ultrasound-guided nerve hydrodissection for peripheral entrapment neuropathies." *Muscle & Nerve* 72.5 (2025): 1052-1059.

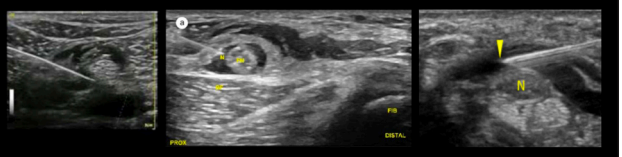


- nervi nervorum: regulate the function and discharge of sensory, motor, and mixed nerves
- vasa nervorum: small blood vessels that supply nutrients to the peripheral nerve and drain away metabolites

Lam, K. H. S., Hung, C. Y., Chiang, Y. P., Onishi, K., Clark, T. B., Reeves, D. K., & Daniel, S. (2020). Ultrasound-guided nerve hydrodissection for pain management: an updated review of anatomy and techniques.

Hydrodissection technique

- 25-27G needle, >4cm in length, is typically used for nerve hydrodissection
- in-plane > out-of-plane technique
- Slow needle advancement & slow injectate infusion
- to approach the inferior/deep surface of the nerve with the needle bevel positioned up and the superior/superficial surface of the nerve with the needle bevel positioned down
- resistance of the soft tissue will force the nerve to go away from the needle
- redirect the needle to the other side of the targeted nerve

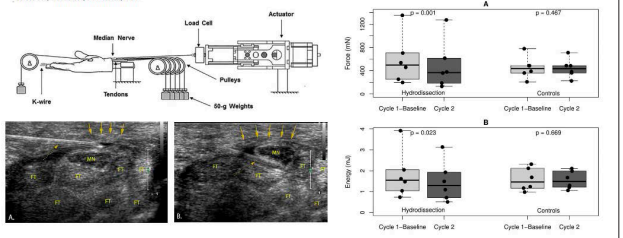


Colorado, Berdale, Darien McNeill, and John Norbury. "Ultrasound-guided nerve hydrodissection for peripheral entrapment neuropathies." *Muscle & Nerve* 72.5 (2025): 1052-1059.
Lam, K. H. S., Hung, C. Y., Chiang, Y. P., Onishi, K., Clark, T. B., Reeves, D. K., & Daniel, S. (2020). Ultrasound-guided nerve hydrodissection for pain management: an updated review of anatomy and techniques.

ULTRASOUND-GUIDED HYDRODISSECTION DECREASES GLIDING RESISTANCE OF THE MEDIAN NERVE WITHIN THE CARPAL TUNNEL

STEFANIE EVERS, MD,[1,2,3] ANDREW R. THORESON, MS,[1] JAY SMITH, MD,[4] CHUNFENG ZHAO, MD,[1] JENNIFER R. GESKE, MS,[5] and PETER C. AMADIO, MD[1]
[1] Biomechanics Laboratory and Tendon and Soft Tissue Biology Laboratory, Division of Orthopedic Research, Mayo Clinic, 200 1st Street SW, Rochester, Minnesota, USA

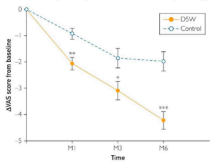
Gliding resistance:
21.4% decrease on everage.



Evers S, Thoreson AR, Smith J, Zhao C, Geske JR, Amadio PC. Ultrasound-guided hydrodissection decreases gliding resistance of the median nerve within the carpal tunnel. *Muscle Nerve*. 2018;57(1):25-32. doi:10.1002/mus.25723

Hydrodissection injectates

- **D5W**
  - **Wu et al (2017):** median nerve (CTS), 5mL of D5W (n=30) *vs.* NS (n=30)



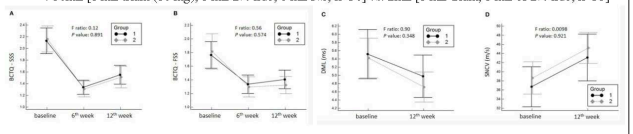
	5% dextrose group (n=30) Mean difference ± standard error	Control group (n=30) Mean difference ± standard error	P value*
Sensory nerve conduction velocity (m/s)			
M1	1.70±0.58	0.25±0.29	.03
M3	2.53±0.65	−0.11±0.32	.001
M6	2.98±0.79	0.25±0.33	.003
Distal motor latency (ms)			
M1	−0.22±0.10	0.03±0.06	.04
M3	−0.24±0.11	0.03±0.05	.03
M6	−0.37±0.20	−0.04±0.07	.12
Cross-sectional area (mm^2)			
M1	−1.37±0.19	−0.97±0.13	.09
M3	−1.83±0.24	−1.07±0.16	.01
M6	−2.11±0.26	−1.18±0.18	.004

  - **Mansiz-Kaplan et al (RCT, 2022)**: ulnar nerve at the elbow, 5mL of D5W (n=20) *vs.* NS (n=20), 2 trial (bt 2wks)
    : improved VAS, DASH, CSA, motor CV

Wu, Y. T., Ho, T. Y., Chou, Y. C., Ke, M. J., Li, T. Y., Tsai, C. K., & Chen, L. C. (2017, August). Six-month efficacy of perineural dextrose for carpal tunnel syndrome: a prospective, randomized, double-blind, controlled trial. In *Mayo Clinic Proceedings* (Vol. 92, No. 8, pp. 1179-1189). Elsevier.
Mansiz-Kaplan, B., Nacir, B., Pervane-Vural, S., Tosun-Meric, O., Duyur-Cakit, B., & Genc, H. (2022). Effect of perineural dextrose injection on ulnar neuropathy at the elbow: a randomized, controlled, double-blind study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *103*(11), 2085-2091.

Hydrodissection injectates

- **Steroid**
  - **Omejec et al (RCT, 2026):** median nerve (CTS), mild to moderate severity
    : 6mL of D5W (n=57) *vs.* triamcinolone acetonide 40mg +NS (n=57)
    > improved VAS for 12 mo vs. 3 mo, improved SNAP latency for 12 mo, CSA (-)
  - **Wang et al (2021):** ulnar nerve at the elbow
    : 10mL [1 mL triam (10 mg), 1 mL 2% lido, 8 mL NS, n=30] vs. 2mL [1 mL triam, 1 mL of 2% lido, n=31]



Omejec, G., Tumpaj, V. P., Dolinar, G., Podnar, S., & Snoj, Ž. (2026). Efficacy of Perineural Dextrose Versus Corticosteroid Injection for Carpal Tunnel Syndrome: A Randomized, Double-Blind Clinical Trial. *Muscle & Nerve*.
Wang, Jia-Chi, et al. "Ultrasound-guided triamcinolone acetonide hydrodissection for carpal tunnel syndrome: a randomized controlled trial." *Frontiers in medicine* 8 (2021): 742724.

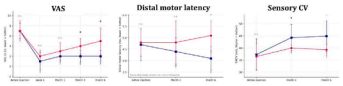
Hydrodissection injectates

연구	설계·연구 용량	결과
Lin et al., 2020	63명 CTS, 3군 RCT. **D5W 1·2·4 mL**, 1회	4 mL군이 일부 단기 통증·기능 지표에서 우수했으나 **24주에는 군 간 차이가 없었음**.
Huang et al., 2024	24명 CTS, RCT, **Saline 5 vs 10 mL**, 1회	10 mL군의 24주 BCTQ 증상·기능 개선이 더 큼.
Eyvaz et al., 2025	80명 CTS, RCT, **D5W 5·10 mL / saline 5·10 mL**	10 mL D5W군이 12주 통증·신경 단면적에서 saline 군보다 우수.
Shi et al., 2024	56명 Meralgia, RCT, **D5W 10 mL** vs **betamethasone 1 mL + 2% lidocaine 5 mL + saline 4 mL**	D5W군이 4·6개월 통증·삶의 질에서 우수.

- D5W: 5% dextrose in water
  - 단일 제제로 CTS evidence 다수
- 0.9% normal saline
  - '무처치 대조군'보다 effect ÷ (mechanical efficacy)
- Lidocaine 등 국소마취제
  - 즉각적인 진통·운동차단이 HD 효과 평가와 신경학적 관찰을 혼동
- Corticosteroid
  - HD에 반드시 필요한 성분은 아니며, 첨가 또는 고용량의 추가 이득이 일관되게 입증되지 않음

Hydrodissection injectates

- **Hyaluronidase, RCT**
  - mild to moderate CTS
  - RCT: [Hyalase+10mL saline solution] (n=30) vs. [10mL saline solution only] (n=30)
  - efficient technique offering



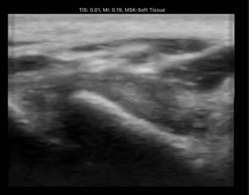
- **Hyaluronidase, meta-analysis**
  - mild to moderate CTS, 4 RCT (n=230)
  - hyaluronidase **300–1,500 IU, 5-10mL**

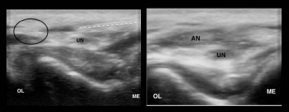
Parameters	Mean difference	95% confidence interval	Statistics
BCTQ (SSS)	−0.42	−1.29~0.45	Not significance
BCTQ (FSS)	−0.30	−1.13~0.54	Not significance
Distal motor latency	−0.55 ms	−1.14~0.03	Not significance
Sensory CV	+2.23 m/s	−2.88~7.34	Not significance
VAS	−1.97	−3.88~−0.06	**p=0.04**

Abdelraheem Elawamy, M. D., Manal Hassanien, M. D., & Ahmed Hamed, M. D. (2020). Efficacy of hyalase hydrodissection in the treatment of carpal tunnel syndrome: a randomized, double-blind, controlled, clinical trial. *Pain Physician, 23*, E175-E183.
Asthana, S. S., Sharma, A. K., Srivastava, M. K., & Gaur, R. (2026). Comparative Effectiveness of Hyaluronidase Injections in Carpal Tunnel Syndrome: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cureus, 18*(7).

Hydrodissection case

- Hydrodissection of an ulnar nerve fascial adhesion in a baseball pitcher
  - 19-year-old right-hand dominant male division I collegiate baseball pitcher
  - right medial elbow pain "aching and stabbing", NRS 5/10, citing no trauma or previous injury
  - not improve with rest, stretching, or physical therapy
  - milking maneuver (-), Tinel (+) on right cubital tunnel
  - US: fibrotic adhesion between the ulnar nerve and subcutaneous fascia over the medial epicondyle,
    + ulnar nerve was tethered by the adhesion
  - A solution of 2 cc 1% lidocaine, 7 cc normal saline, and 1 cc of 6 mg/mL betamethasone
  - Postprocedure day 4, he pitched a full game

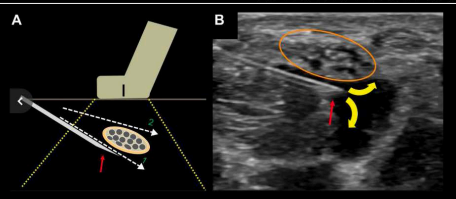




Gerard III, N. O., Mortell, T. M., Kingry, C., Couture, C., & Courseault, J. (2023). Hydrodissection of an ulnar nerve fascial adhesion in a baseball pitcher. *JSES reviews, reports, and techniques*, 3(2), 252-255.

Perineural injection to manage neuropathic pain

	injectates	target	해석
PNI	LA±corticosteroid	염상적 병변의 신경주위 공간	신경전도 차단과 국소 염증 조절을 통한 진통, 지속 효과는 질환별로 다름
HD	D5W, NS	신경외막과 주위 조직 사이	액체로 조직면을 분리, 단순히 신경 근처에 주사한 것과는 구분해야 함



Symanski, J. S., Ross, A. B., Davis, K. W., Brunner, M. C., & Lee, K. S. (2022). US for traumatic nerve injury, entrapment neuropathy, and imaging-guided perineural injection. *Radiographics*, 42(5), 1548-1561.

Perineural injection to manage neuropathic pain

Spots-related neuropathic pain	target	Clinical significance
Ulnar N **: 투구 시 내측 팔꿈치 통증·저림**	내측상과 후방 주관에서 확인되는 신경. 근막 유착 만, 척측수근굴근 입구 주변	• 팔꿈치 굴곡 시 신경 아탈구와 동적 압박을 확인. • 불안정성이나 UCL 병변이 동반되면 주사만으로 원인을 해결하기 어려움
Median N **: 손목 사용과 연관된 CTS**	수근관 내 정중신경과 횡수근인대 사이, 정중신경과 굴곡건 사이	• 정중신경 지속성 정중동맥 등 변이를 먼저 확인
Suprascapular N **: 오버헤드 동작 시 후상방 어깨 통증**	병변에 따라 suprascapular notch 또는 spinoglenoid notch 주변	• 차단은 진통·국소회에 도움. • 관절와순 낭종이나 진행성 근위축에 없으면 구조적 압박 평가가 중요
Fibular N **: 비골두 부위 증격·압박**	비골두·비골경부 주변, 장비골근 입구의 실제 압박 ·반흔 부위	• 족하수와 진행성 근력저하에서는 진통 효과와 별도로 운동신경 회복·감압 필요성을 평가
Supf. Peroneal N **: 발목 염좌 후 하퇴 외측·발등 통증**	하퇴 외측에서 신경을 추적하여 비후·유착 또는 근막 관통부 주변을 표적화	• 발등 통증이 모두 표재비골신경 기원은 아님. • 심비골신경·비복신경 1:1 병변과 혼도 비교
Sural N **: 반복 종아리 손상 후 외측 발목·발 통증**	원위 비복근 주변 반흔, 신경 비후·neuroma 주변	• 단순 외과 뒤쪽 차단과 병변 부위의 유착 박리는 목적이 다름
Saphenous N **: 내측 무릎·하퇴 통증**	내전근관의 복재신경 주변, 슬개하분지 병변이면 무릎 내측의 해당 분지 반흔 부위	• 내전근관 병변과 슬개하분지 손상을 구분. • 대퇴혈관 및 국소마취제의 근위부 확산 고려
Tibial N **: 족근관 증후군**	내과 후방, 굴곡지대 깊은 면의 경골신경 주변	• 후경골 혈관·굴곡건을 구분. • 원위 족저신경 분지 포착 여부도 확인
LFCN: **: 장비·벨트 압박과 연관된 대퇴 외측 통증**	ASIS 안접 서혜인대 부위에서 신경을 찾고, 봉공근 -대퇴근막 상근 사이로 추적	• 주행 변이가 잦아 해부학적 표지만으로 주사하기 어려움
Sciatic N **: 심부둔부 통증·방사통**	이상근 하방에서 좌골신경을 추적하여 대둔근 깊은 면과 단외회전근군 사이의 신경주위 공간	• 이상근 근육주사와 좌골신경 수압박리를 구분. • 요추 신경근병증과의 감별 필요
Pudendal N **: 사이클링과 관련해 의심되는 회음부 통증**	좌골극·천극인대 연접 부위 또는 Alcock canal	• 영상 유도 차단을 통한 국소확가 중요. • 스테로이드의 추가 효과는 업증되지 않음

Perineural injection to manage neuropathic pain

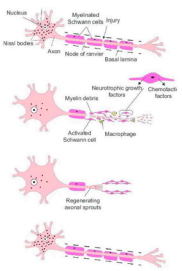
Injectates	Goals	Reports	근거와 주의점
LA: lidocaine, ropivacaine, bupivacaine	진단적 차단, 단기 진통, 재활 수행 보조	Supf peroneal nerve: 2% lido 2ml. + 0.2% ropiva 3ml.	일시적 감각·운동 차단이 발생할 수 있음. 빠른 진통 효과+, 장기 지료 효과 (±)
D5W	신경주위 주사	CTS 5 mL, UNE 5 mL, LPCN 10 mL	일부 포작신경병증 RCT에서 유효성 신호. 급성 스포츠 족삭손상의 지료 효과는 미확립
Corticosteroid	국소 염증 조절	TTS triamcinolone 20 mg, UNE betamethasone 6 mg	모든 신경차단에 추가할 근거는 없음. 피부·지방 위축, 혈당 상승, 반복 노출 및 WADA 고려
PRP	재생·항염 목적의 연구적 접근	Mainly, CTS	AAOS 2024는 CTS에서 장기 이득이 없다는 강한 근거를 제시. 스포츠 신경손상에 일반화하기 어려움
PDRN	항염·재생 가능성에 근거한 탐색적 접근	CTS: 5.625 mg/3 mL	근거가 제한적. 스포츠 신경병증성 통증의 표준 주입액 잠재성

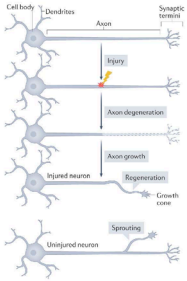
- Wu et al (2017): CTS (n=60), D5W vs. NS 5mL, one trial >> 6개월까지 D5W군에서 통증·기능 및 일부 객관적 지표 개선
- Chen et al (2020): UNE (n=33), D5W vs. D5W+triam30mg 5mL, one trial >> 대부분 평가 시점에서 양 군 효과가 비슷
- Shi et al (2024): meralgia (n=56), D5W vs. betamethasone+lido+NS, 10mL, one trial >> 4·6개월 지표에서 D5W 우세
- Labat et al (2017): Pudendal N (n=201), LA vs. LA+steroid >> 스테로이드 추가에 따른 3개월 진통 기능 이득 없음

Martins da Silva R, Pereira A, Branco R, Carvalho JL. Ultrasound-Guided Pulsed Radiofrequency Treatment for Superficial Peroneal Nerve Entrapment in a Professional Handball Player. Cureus. 2023 Jul 17;15(7):e42043. doi: 10.7759/cureus.42043. PMID: 37593284; PMCID: PMC10427882.
Mansiz-Kaplan B, Nacir B, Parvaneh-Vural S, Tosun-Meric O, Duyur-Cakit B, Genc H. Effect of Perineural Dextrose Injection on Ulnar Neuropathy at the Elbow: A Randomized, Controlled, Double-Blind Study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2022;103(11):2085-2091. doi:10.1016/j.apmr.2022.04.013
Shi X, Xu H, Zhu J, Li G, Bai L. A Randomized Double-blind Trial of 5% Dextrose Versus Corticosteroid Hydrodissection for Meralgia Paresthetica. *Pain Physician*. 2024;27(8):E853-E862.
Ateşok, K., Pierce, J., Small, B., Perumal, V., Cooper, T., & Park, J. (2022). The course of tarsal tunnel syndrome after ultrasound-guided injections. *Orthopedic Reviews*, *14*(3), 35455.

Perineural injection to promote reinnervation and functional recovery

- Functional recovery vs. Re-innervation
  - **통증·저림 감소, DASH 개선:** 증상·일상 기능 개선, 축삭 재생을 입증하지 않음
  - **Conduction velocity 증가, latency 단축:** 전도 기능 개선, demyelination/conduction block 회복으로도 가능
  - **CMAP 진폭 증가:** 기능하는 운동단위의 회복, conduction block 회복, collateral sprouting
  - **serial needle EMG 로운 운동단위 출현·동원 증가:** 재신경지배를 보다 직접적으로 지지
  - **객관적 근력·지구력·종목별 수행능력 회복:** 임상적으로 유의미한 기능 회복, 통증 감소에 따른 수행 향상



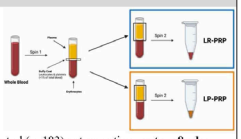


- No standard therapy
  - Platelet-rich plasma
  - methylcobalamin+PDRN+D5W

Harhaus, L., Dengler, N. F., Schwentfleger, K., & Stolle, A. (2024). Versorgung peripherer Nervenverletzungen. *Dtsch Arztebl Int, 121*, 537-552.
Tetzlaff, W., Fouad, K. & Kwon, B. Be careful what you train for. *Nat Neurosci* **12**, 1077–1079 (2009). https://doi.org/10.1038/nn0909-1077

Perineural Injection PRP cases

- PRP in Sciatic N: PRP (n=15) vs. Control (n=15), single-blind RCT
- 5 doses per week of 5 mL PRP, no injection in control
- Active/passive sensory training 5 times per week for 12 weeks
  > motor recovery, motor conduction velocity improvement in PRP group

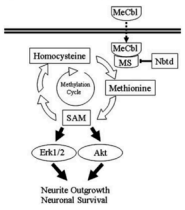


- PRP in forearm median or ulnar N (Sunderland I, II): PRP (n=78) vs. Control (n=183), retrospective, **post-op 8 wks**
- 4 mL LR-PRP, no injection in control
- Conventional rehabilitation treatment 5 times per weeks for 12 weeks + Oral mecobalamin
  > cross-sectional diameter/area, DASH, motor/sensory CV, muscle strength improvement in PRP group
  > neurofunctional serum indicators (BDNF, NGF, NT-3), significantly increased in PRP group

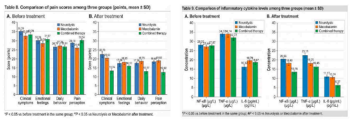
Yang C, Wang C, Wang C, Yang G, Wu W. The Effectiveness of Platelet-Rich Plasma in the Treatment of Sciatic Nerve Injury: A Single-Blind Randomized Comparative Trial. Neural Plast. 2025 Nov 18;2025:7540054. doi: 10.1155/np/7540054. PMID: 41306443; PMCID: PMC12646722.
Li Q, Zou C, Liu W, Zuo L, Long H, Gao W and Liu B (2026) Assessing the efficacy of ultrasound-guided platelet-rich plasma on nerve regeneration and functional outcomes in forearm peripheral nerve injuries: a retrospective observational study. Front. Neurol. 17:1787289. doi: 10.3389/fneur.2026.1787289

Perineural Injection Mecobalamin

- Methylcobalamin = mecobalamin
  - (Vitamin B12 analog)



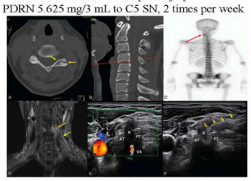
- Postganglionic brachial plexus injury (TA cases)
  - Methylcobalamin **2.5 mg** + Dexamethasone **5 mg (6mL)**
  > 6 month shoulder ER, elbow flex/ext motor improvement
- Neurolysis and methylcobalamin in peripheral nerve injury (n=90, RCT)
  - Neurolysis (surgical) vs. Mecobalamin (0.5mg tid) vs. Combined
  - standardized, protocol-driven rehabilitation program



Okada K, Tanaka H, Temporin K, et al. Methylcobalamin increases Erk1/2 and Akt activities through the methylation cycle and promotes nerve regeneration in a rat sciatic nerve injury model. *Exp Neurol*. 2010;222(2):191-203. doi:10.1016/j.expneurol.2009.12.017
Hu X and Li Z (2026) Synergistic efficacy of combined neurolysis and methylcobalamin in peripheral nerve injury: a randomized clinical trial. Front. Integr. Neurosci. 20:1747898. doi: 10.3389/fnint.2026.1747898

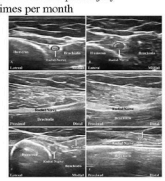
Perineural Injection PDRN, D5W

- **Traumatic C5 nerve root injury**
  - first intervention at 3 weeks post injury
  - PDRN 5 625 mg/3 mL to C5 SN, 2 times per week



> MRC 2→4, electrodiagnostic re-innervation process (+)

- **Compressive radial nerve injury around spiral groove**
  - first intervention at 2 months post injury
  - D5W 15mL, 2 times per month



> MRC 2→4, electrodiagnostic improvement (+)

Park D. Application of ultrasound-guided C5 nerve root block using polydeoxyribonucleotide in traumatic C5 nerve root injury caused by fracture of the articular process of the cervical spine: A case report. Medicine (Baltimore). 2017 Nov;96(46):e8728. doi: 10.1097/MD.0000000000008728. PMID: 29145315; PMCID: PMC5704881.
Chen SR, Shen YP, Ho TY, Chen LC, Wu YT. Ultrasound-guided perineural injection with dextrose for treatment of radial nerve palsy: A case report. Medicine (Baltimore). 2018 Jun;97(23):e10978. doi: 10.1097/MD.0000000000010978. PMID: 29879053; PMCID: PMC5999508.

Rehabilitation of PNI in non-operative PNI and after primary repairs and grafts

- Phase I—Protection
  - customized immobilization (orthosis, cast, or sling): between 3 and 21 days
  - preventing overstretching of denervated muscle–tendon units
- Phase II—Range of motion
  - passive range of motion to restore full joint motion
  - muscle activation using active-assisted motion
  - from motion in gravity-eliminated or lessened (MRC >2) to motion against gravity (MRC >3)
- Phase III—Strength and endurance
  - full active range of motion
  - Strength training involving various resistance modalities
  - Effective motor retraining, incorporating feedback and integrating sensory information

Duff SV, Estilow T, Novak CB. *Therapy Management of Peripheral Nerve Injuries and Repairs*. 7th ed. Mosby; 2021.
Novak CB, von der Heyde RL. Rehabilitation of the upper extremity following nerve and tendon reconstruction: when and how. *Semin Plast Surg*. 2015; **29**(1): 73-80.
Skirven TM. Nerve injuries. In: BG Stanley, SM Tribuzi, eds. *Concepts in Hand Rehabilitation*. F. A. Davis Company; 1992: 323-352.

Rehabilitation of PNI after nerve transfers

	Phase	EDX findings	Timeframe	Objectives
Pre-reinnervation	Protective	No evidence of reinnervation	0–3 weeks post-op	• Protect nerve coaptation • Control edema
	Silent	Early reinnervation with few nascent motor unit potentials	3 weeks post-op (MRC 0) to MRC 1	• Address residual deformities • Maintain passive ROM • Stimulate function of remaining muscles • Stimulate cortical awareness of donor–recipient correlation
Post-reinnervation	Re-education	Reinnervation featuring multiple nascent and/or maturing MUAPs	MRC 1–2	• Establish donor–recipient nerve co-activation • Start active ROM in gravity-eliminated positions • Stimulate functional use of new motion
	Strengthening	Increasing maturity of reinnervating MUAPs	MRC 2–3	• Perform active ROM against gravity • Increase functional use of new motion • Decrease reliance on donor nerve (donor de-activation) • Facilitate selective activation of donor and recipient muscles
	Endurance	maturity	MRC >3	• Perform active ROM against light/moderate resistance • Increase resistance and endurance • Facilitate return to pre-injury function/work

Monte-Silva K, Piscitelli D, Norouzi-Gheidari N, Batalla MAP, Archambault P, Levin MF. Electromyogram-related neuromuscular electrical stimulation for restoring wrist and hand movement in poststroke hemiplegia: a systematic review and meta-analysis. *Neurorehabil Neural Repair*. 2019; **33**(2): 99-111.
Chinchalkar SJ, Larocerie-Salgado J, Capek J, Grenier ML. The use of dynamic assist orthosis for muscle reeducation following brachial plexus injury and reconstruction. *J Hand Microsurg*. 2018; **10**(3): 172-177.

감사합니다.

학력

고려대학교 의학과 학사

고려대학교 대학원 의학과 석사

고려대학교 대학원 의학과 박사

주요 경력

2005-2006 고려대학교 의료원 인턴

2006-2010 고려대학교 안암병원 재활의학과 전공의

2013-2015 고려대학교 구로병원 재활의학과 임상강사

2015-2019 고려대학교 구로병원 재활의학과 임상조교수

2019-2024 고려대학교 구로병원 재활의학과 부교수

2023-2024 미국 웨이크포레스트 대학교 재생의학 연구소 방문학자

2024-현재 고려대학교 구로병원 재활의학과 교수

현재 소속 및 직위

고려대학교 구로병원 재활의학과 교수

말조신경손상 후 재활과 스포즈 복귀 (재활·strengthening-neural mobization·RTP)

고대구로병원

강 석

1. 서론

스포츠 관련 말초신경손상은 직접 타박, 반복 압박, 견인 또는 관절 손상에 동반되어 발생한다. 선수에게는 통증과 감각이상뿐 아니라 근력 저하, 근지구력 감소, 운동 조절 장애 및 경기력 저하가 함께 나타날 수 있다. 따라서 통증이 줄었다는 것만으로 재활 종료나 스포츠 복귀를 판단하기는 어렵다. 손상된 신경의 기능 회복 정도와 함께, 해당 종목에서 요구되는 부하를 반복해서 견딜 수 있는지를 평가해야 한다.

재활의 목표는 신경이 회복되는 동안 이차적 기능 저하를 예방하고, 회복된 운동·감각 기능을 실제 스포츠 동작으로 연결하는 것이다. 본 강의에서는 신경 회복 단계에 따른 운동치료, 신경가동술의 적용, 생체역학적 위험요인의 교정, 스포츠 복귀 판단의 원칙을 차례로 살펴본다.

2. 신경 회복과 재활 치료의 원칙

말초신경손상 후 회복 경과는 손상 기전과 중증도에 따라 다르다. 일시적 전도차단이 주된 경우와 축삭 손상이 동반된 경우는 회복 속도와 예후가 다르며, 신경의 연속성이 끊어진 손상에서는 수술적 재건이 필요할 수 있다. 따라서 같은 신경의 손상이라도 주차별로 정해진 운동 프로그램을 일률적으로 적용하기는 어렵다.

재활 계획은 손상 후 경과 기간뿐 아니라 자발수축 유무, 근력·감각 회복, 관절가동범위, 기능 수행의 변화 추이를 함께 고려하여 조정한다. 전기진단검사는 신경 재지배 여부와 회복 경과를 판단하는 데 도움이 되지만, 그 결과는 실제 근력 및 운동 수행과 연결하여 해석해야 한다. 예상한 회복이 나타나지 않거나 근력 저하가 진행하면, 재활 강도를 높이기 전에 손상 상태와 치료 계획을 다시 평가한다.

수술 후 재활은 수술 부위(신경 봉합부 및 동반 손상된 연부조직)의 보호 조건을 먼저 확인한 뒤 시작한다. 감압술, 신경 봉합술, 신경이식술, 신경이전술은 술식에 따라 고정 및 관절가동범위 제한 기간과 필요한 감각·운동 재교육의 내용이 다르므로, 수술 기록을 확인하여 개별적으로 처방한다.

3. 회복 단계에 따른 재활

3.1 초기 보호와 이차적 손상 예방

초기에는 손상 부위에 가해지는 반복 압박과 과도한 견인을 줄이고, 허용되는 범위 안에서 관절 운동을 유지한다. 감각이 저하된 부위는 마찰, 압박, 열에 의한 손상을 스스로 알아차리기 어려우므로, 피부 상태를 확인하고 보호 방법을 교육한다. 보조기는 관절 정렬 유지와 기능 보조에

활용하되, 착용 부위에 새로운 압박이 생기지 않는지 점검한다.

운동을 완전히 중단해야 하는지는 손상 상태와 종목에 따라 판단한다. 손상 부위를 보호하면서 가능한 범위의 유산소운동, 손상되지 않은 근육의 운동, 체간 훈련을 유지하는 것을 고려할 수 있다. 다만 사람에서 운동 자체가 손상 신경의 재생을 일관되게 촉진한다는 근거는 아직 충분하지 않으며, 운동의 신경 재생 효과를 보고한 전임상 연구 결과를 임상 처방에 그대로 적용해서는 안 된다.

3.2 재지배 초기의 근활성화와 운동 재교육

자발수축이 확인되면 작은 수축을 정확하게 반복하는 데 중점을 둔다. 중력 제거 자세, 능동보조운동, 촉각·시각 피드백 등을 활용하고, 주변 근육에 의한 대체 동작이 나타나는지 관찰한다. 관절이 움직이더라도 목표 근육이 아니라 체간이나 인접 관절의 움직임으로 동작을 수행하는 경우가 있으므로, 움직임의 크기뿐 아니라 질도 함께 평가해야 한다.

신경이전술 후에는 공여신경이 원래 담당하던 동작의 운동 명령을 이용하여 새로운 목표 동작을 일으키도록 재교육하는 과정이 필요할 수 있다. 처음에는 공여신경의 원래 동작과 목표 동작이 함께 나타나는 연합 동작에서 시작하여, 점차 목표 동작만 독립적으로 수행하도록 진행한다.

3.3 점진적 근력 및 근지구력 훈련

능동 운동과 동작 조절이 개선되면 저항과 반복 횟수를 점차 늘린다. 이때 근력 증가 여부뿐 아니라 반복 운동 시 수행 능력 저하, 대체 동작, 감각 증상, 운동 후 회복 양상을 함께 관찰한다. 운동 중 새로 나타나는 근력 저하나 지속되는 감각이상은 운동 부하와 신경 상태를 재검토해야 한다는 신호로 받아들인다.

근력운동의 빈도, 강도, 반복 횟수를 모든 말초신경손상에 똑같이 적용할 근거는 부족하다. 따라서 목표 근육의 회복 수준과 종목의 요구에 맞추어 처방하고, 그에 대한 반응을 기록한다. 전기자극도 적용 목적과 신경 상태를 구분하여 사용해야 한다. 수술 전후 신경에 직접 적용한 전기자극 연구의 결과를 일반적인 근육 전기자극의 효과와 같은 것으로 해석해서는 안 된다.

4. 신경가동술의 적용

신경가동술(neural mobilization)은 신경과 주변 조직 사이의 상대적 움직임과 신경의 기계적 민감도를 고려하여 적용하는 보조적 치료이다. 근골격계 통증 환자를 대상으로 한 연구에서 통증과 기능이 개선될 가능성이 보고되었으나, 연구마다 대상 질환과 적용 방법이 다양하다. 또한 이러한 결과가 외상성 축삭 손상 후 신경 재생을 촉진하거나 스포츠 복귀 기간을 단축한다는 직접적인 근거가 되지는 않는다.

임상에서는 신경에 가해지는 부하와 증상 반응을 함께 고려하여 적용한다. 신경의 한쪽 끝에서 긴장을 높이는 동시에 다른 쪽 끝에서 긴장을 낮추어 신경을 미끄러지게 하는 slider와, 양쪽 끝에서 동시에 긴장을 높이는 tensioner를 구분해야 한다. 민감도가 높은 환자에게는 작은 범위의 slider를 먼저 고려할 수 있으나, 이를 모든 환자에게 적용되는 고정된 순서로 이해해서는 안 된다.

운동 범위와 반복 횟수는 환자의 반응에 따라 조절한다. 강한 방사통이나 저림을 반복적으로 유발하는 것을 치료 목표로 삼지 않는다. 특히 신경 봉합 또는 재건 후에는 수술 부위의 보호 조건을 확인한 뒤 적용 여부와 범위를 결정한다.

5. 생체역학적 교정과 종목별 적용

스포츠 관련 신경손상에서는 신경 회복과 함께, 손상을 유발한 동작과 환경도 검토해야 한다. 종목마다 신경이 압박·견인되는 부위와 노출 방식이 다르므로, 실제 훈련 자세, 장비, 반복 동작 및 피로 상태를 확인하는 것이 중요하다.

다음은 이러한 원칙을 적용한 임상 예시이다.

임상 상황	확인할 요인	재활 및 훈련 조정의 예
오버헤드 종목 선수의 상지 신경 증상	반복 동작의 양, 어깨·견갑대 조절, 피로 시 동작 변화	회전근개·견갑대 훈련과 병행하여 던지기·타격 부하를 점진적으로 조절
사이클링 중 발생하는 손 감각이상	손바닥 지지 압력, 손목 자세, 연속 주행 시간	손 위치와 지지 방식, 장비 적합성, 휴식 전략 검토
발처짐을 동반한 하지 신경손상	발끝 끌림, 발목 조절, 착지 및 방향 전환 시 안정성	필요에 따라 보행 보조와 발목 조절 훈련을 시행한 후 달리기·민첩성 과제로 진행

이러한 교정은 모든 환자에게 같은 자세를 요구하는 것이 아니라, 증상을 유발하는 노출을 줄이면서 종목 수행 능력을 회복하는 방향으로 시행한다.

6. 스포츠 복귀의 판단

스포츠 복귀는 특정 시점에 한 번 허가하는 것이 아니라 단계적으로 진행되는 연속적 과정으로 이해하는 것이 적절하다. 스포츠 복귀에 관한 합의문에서는 이를 제한된 활동이나 훈련에 참여하는 단계(return to participation), 목표 종목에 복귀하는 단계(return to sport), 손상 전 수준 이상의 경기력을 회복하는 단계(return to performance)로 구분한다.

이를 말초신경손상에 적용할 때에는 다음 영역을 종합적으로 평가할 것을 제안한다.

평가 영역	임상적으로 확인할 내용
신경학적 상태	근력·감각의 회복 추이, 진행성 결손 또는 반복되는 증상 여부
관절과 운동 조절	종목에 필요한 관절가동범위, 목표 근육의 활성화, 대체 동작 여부
근력과 근지구력	최대 근력뿐 아니라 반복 부하 및 피로 상황에서의 기능
감각과 안전성	장비 조작, 지지·착지 및 피부 보호에 필요한 감각 기능
종목별 수행	실제 경기 속도와 반복량, 예측하지 못한 상황에서의 동작 안정성
부하 반응과 준비도	훈련 후 증상 변화, 회복 양상, 재손상에 대한 불안 및 자신감

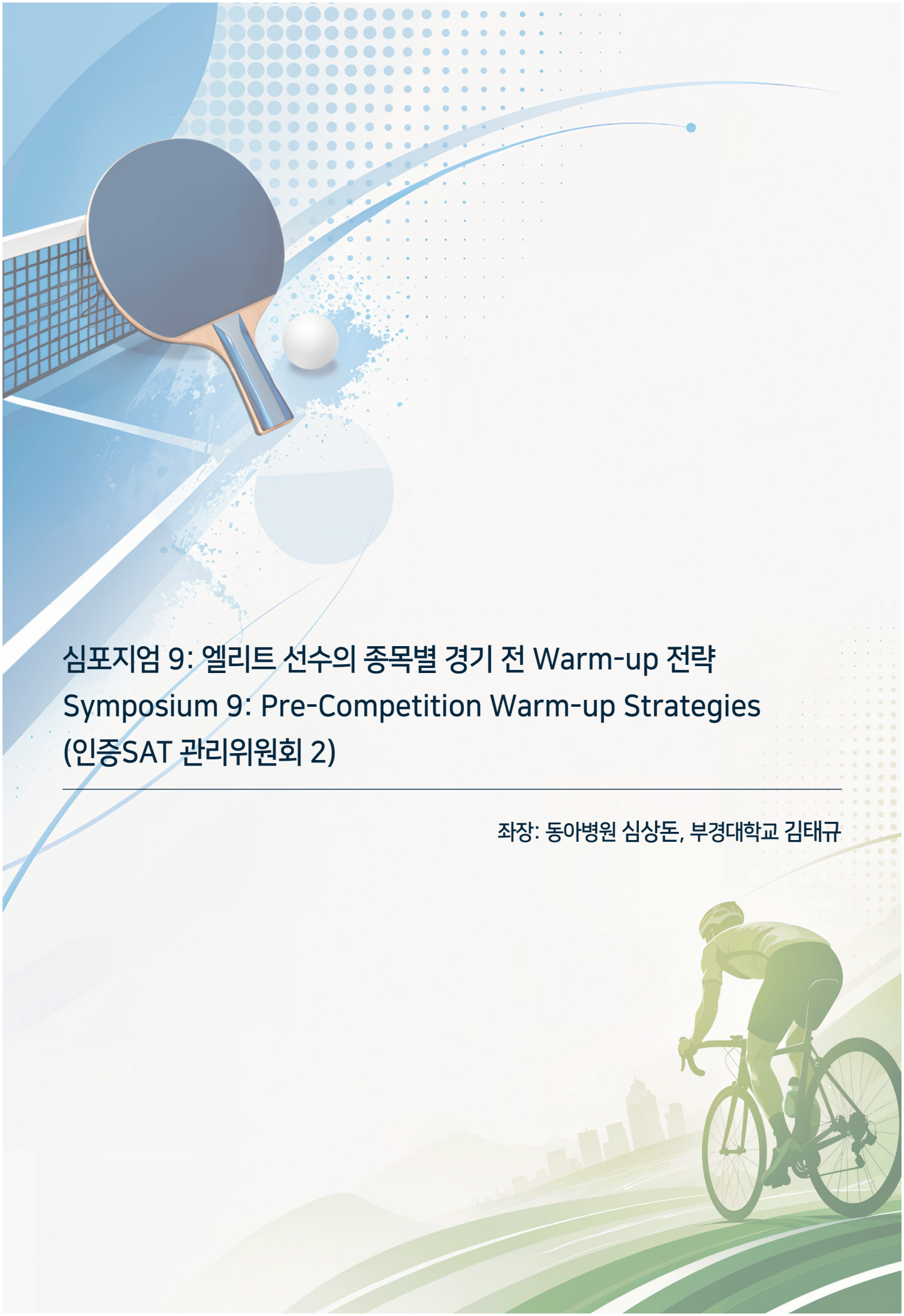
위 항목은 임상 평가를 위한 틀이며, 검증된 표준 복귀 점수가 아니다. 도수근력검사에서 정상으로 평가되더라도 고속 동작이나 반복 수행에서 결손이 남아 있을 수 있으므로, 필요하면 정량적 근력 측정과 기능 과제를 추가한다. 건측과의 비교도 유용하지만, 우세측 여부, 손상 전부터 있던 비대칭, 훈련 공백에 따른 양측의 기능 저하를 함께 고려해야 한다. 특정 근력 대칭성 수치 하나를 모든 말초신경손상의 복귀 기준으로 사용하기는 어렵다.

실제 훈련은 제한된 개인 훈련에서 시작하여 종목별 반복 훈련, 통제된 팀 훈련, 실전 경기 노출의 순서로 확대하는 방식을 고려한다. 각 단계에서 증상과 기능의 반응을 확인하고, 문제가 나타나면 부하를 조정하거나 재평가한다. 복귀 목표와 판단 근거는 선수 및 관련 의료·재활 인력과 공유하고 기록으로 남긴다.

7. 결론

말초신경손상 후 재활은 신경학적 회복 수준에 맞추어 보호, 운동 재교육, 점진적 근력훈련, 종목별 기능훈련을 단계적으로 연결하는 과정이다. 신경가동술과 전기자극은 적용 대상과 목적을 구분하여 선택적으로 사용하며, 신경 재생이나 복귀 촉진 효과를 과대 해석하지 않아야 한다.

스포츠 복귀는 통증, 근력, 감각, 운동 조절, 반복 부하에 대한 반응 및 종목별 위험을 종합하여 판단한다. 재활의 궁극적인 목표는 회복된 신경 기능을 지속 가능한 스포츠 수행으로 연결하는 것이다.



심포지엄 9: 엘리트 선수의 종목별 경기 전 Warm-up 전략
Symposium 9: Pre-Competition Warm-up Strategies
(인증SAT 관리위원회 2)

좌장: 동아병원 심상돈, 부경대학교 김태규

하대운

학력

부경대학교 스마트헬스케어학부 해양스포츠전공 학사

부경대학교 일반대학원 체육학과 석사

주요 경력

현 육상 국가대표팀 트레이너

2026 아이치-나고야 아시안게임 육상 국가대표팀 트레이너

진천선수촌 웨이트트레이닝센터 인턴십 트레이너

현재 소속 및 직위

대한육상연맹, 트레이너

대표논문

1. Ha, D. W., Choi, H., Il-Young, Y., Lim, N. D., & Kim, T. (2026). Effects of forward, backward, and combined resisted sprint training on sprint performance, sprint kinematics, and isokinetic knee muscle function in recreational soccer players. International Journal of Sports Science & Coaching, 17479541261433231.
2. Ha Dae Woon, Kim Gi Bin, Yu Il Young, Kim SooYong and Tae-Gyu Kim. (2024). Effect of Ankle Joint Flexion Angle on Lower Extremity Muscle Activity and Break Point Angle during Nordic Hamstring Exercises in Amateur Soccer Players. The Korea Journal of Sports Medicine, 42(4), 254-261.

경기력 향상을 위한 warm-up 전략과 육상(트랙) 선수 적용 사례

대한육상연맹

하대운

CONTENT

01 육상 트랙 종목 구성

02 주요 손상 패턴 및 위험요인

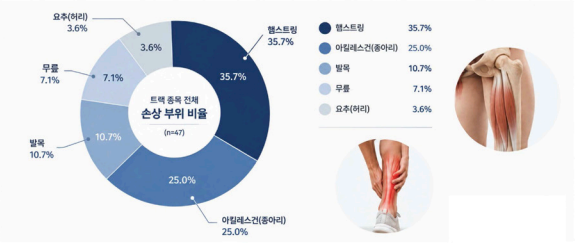
03 Warm-up 전략 실제 적용 사례

04 결론

01 육상 트랙 종목 구성

Short distance		Middle-long distance
100m	4x100mR	800m
200m	4x400mR	1500m
400m	4x100mR Mixed	3000mSC
110mh	4x400mR Mixed	5000m
400mh		10,000m

02 주요 손상 패턴 및 위험요인



02 주요 손상 패턴 및 위험요인

문헌 보고	VS	현장 (국가대표팀)
시즌 중 선수의 약 2/3가 1회 이상 손상을 입는다고 정리 ✓트랙스 앤리트 스프린터 1년 유병률 61.8% ✓스웨덴 52주 코호트 68%	손상 비율	9개월 간 선수들의 손상 비율 64.3%
영국 대표 3시즌 코호트(111명)에서 허벅지가 가장 흔한 부위였고, 햄스트링 손상이 가장 흔한 진단	손상 부위	햄스트링 손상이 35.7%로 가장 큰 비율
스프린트에서 햄스트링이 전체 손상 35%(남)·24%(여) ✓엘리트 스프린터 1년간 볼륜 호소의 36.9%	단거리	남 70% 여 12.5% Asian Games 단거리 케어의 63.6%
✓중장거리의 볼륜 호소 부위는 발·정강이가 최다 ✓아킬레스건과 거자미근 손상 = 엘리트 육상 상위 3진단	장거리	9개월 아킬레스 14.3% Asian Games 종아리·아킬레스 케어 66.7%

Zhou 2026 Front Physiol · Andringa-Bate 2025 Sports Med Health Sci · Kellis 2026 J Electromyogr Kinesiol

03 Warm-up 전략 실제 적용 사례

Warm-up = *트레이너 + 코치·감독의 역할 분담 → 개인 맞춤형 원인*

트레이너

약화·손상 부위에 대한 보강 훈련
근활성화 → 근력 강화 → 파워 변환



코치-감독

활성화 및 강화된 근육군이
달리기 동작에서 실질적으로 사용될 수 있도록 유도
+
스프린트 동작에 익혀가기



최상의 컨디션
&
최고의 퍼포먼스

03 Warm-up 전략 실제 적용 사례 (1)

선수A 케이스

- 좌측 대퇴이두근 원위부 통증 · 1년 만성
- 최대 속도 스프린트 시 통증 발현

현장 검사

- 좌측 반건양근에 비해 대퇴이두근 근력 현저히 약화
- 건측에 비해 둔근이 약화되어 있고, 잘 사용하지 못함
- 우측 대퇴사두근이 좌측 보다 약화

해석

- 대퇴이두근 반복된 손상 및 과사용 → 반건양근 보상 작용
- 둔근 약화로 인해 햄스트링에 가해지는 로드 증가

선행연구 1

햄스트링 손상 이력이 근활성도 저하에 미칠 수 있는 영향에 대한 보고

(Andringa-Bate et al., 2025)



선행연구 2

스프린트 중 대둔근 활성도와 햄스트링 손상 위험도 사이의 연관성 보고

(Schuermans et al., 2017)



Warm-up 목표

- 사용하지 못하고 있는 환측 대퇴이두근 활성화 유도
- 보상성 반건양근 우세 작용 재교육
- 둔근 활성화 및 근력 강화 → 스프린트 시 통증 감소

03 Warm-up 전략 실제 적용 사례 (1)

대퇴이두근 타겟 활성화 운동 _ 트레이너

- 목적
  - 햄스트링 힘을 사용할 때, 대퇴이두근이 함께 활성화될 수 있도록 교육
  - 등척성 → 편심성 순으로 햄스트링 근력 전반적 강화 선행
- 방법
  - 경골 회전을 통한 대퇴이두근 타겟 사용 강조
  - 본 훈련 전 과도한 근력 사용이 일어나지 않도록 주의

둔근 타겟 활성화 운동 _ 트레이너

- 목적
  - 고관절 펌 동작에서 둔근이 햄스트링보다 먼저 작용할 수 있게 교육
  - 둔근 근력 전반적 강화 선행
- 방법
  - 대둔근 타겟 사용 강조 및 자연스럽게 둔근 전반적 근활성화 유도
  - 본 훈련 전 과도한 근력 사용이 일어나지 않도록 주의

03 Warm-up 전략 실제 적용 사례 (1)

스프린트 드릴 및 동작 보강 _ 코치-감독

- 목적
  - 활성화시킨 근육군들이 실제 달리기에서 사용될 수 있도록 코칭
  - 스프린트 시 동작에 둔근 및 골반 사용 동작을 인할 수 있도록 교육

< RESULT >

✓ **스프린트 최대 속도 단계에서의 햄스트링 통증 감소**

✓ **100m 기록 시즌 베스트 수립**

✓ **아이치-나고야 아시안게임 계주 동메달 획득**

03 Warm-up 전략 실제 적용 사례 (2)

선수B 케이스

- 우측 반건양근 근위부 통증 · 만성
- 최대 속도 스프린트 시 불편감 발현

현장 검사

- 반건양근 매우 타이트, 케어를 통한 근육 이완에도 지속
- 고관절의 가동성이 매우 떨어져있음, 하지 전반적 뻣뻣함
- 일상 자세에서 골반 전방경사 나타남

해석

- 골반의 가동성 저하로 인해 햄스트링 과활성화
- 골반의 전방경사가 햄스트링에 가해지는 힘에 영향

선행연구 1

고관절 ROM 감소와 향후 햄스트링 손상 사이의 연관성 보고

Freckleton & Pizzari et al., 2013)



선행연구 2

골반의 전방경사 증가 시 햄스트링 조직 신장 증가, 근위부에서 변화가 더 큼

Mendiguchia et al., 2024)



Warm-up 목표

- 골반 및 발목 가동성 운동 및 늘어난 가동 범위에서의 근력 강화
- 몸의 뻣뻣함을 최소화 시키는데 초점

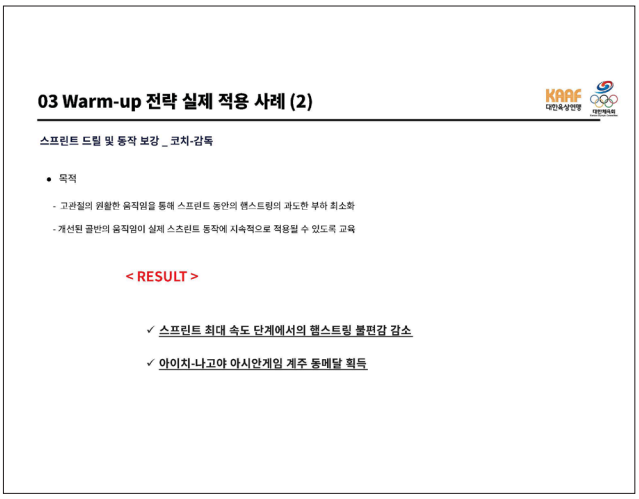
03 Warm-up 전략 실제 적용 사례 (2)

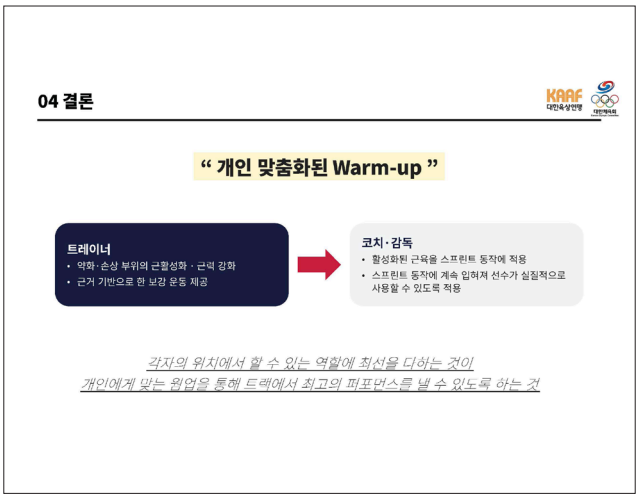
고관절 가동성 운동 _ 트레이너

- 목적
  - 고관절 가동범위 확보 및 골반의 보상 움직임 최소화
  - 스프린트 시 조금 더 부드러운 동작 유도
- 방법
  - 골반의 안정성을 유지하며 고관절 움직임 유도
  - 통증 없는 범위에서 점진적으로 가동범위 확대

발목 가동성 운동 _ 트레이너

- 목적
  - 발목 배측굴곡 가동범위 확보 및 움직임 제한 개선
  - 스쿼트 동작 및 하지 움직임 시 더 부드러운 동작 유도
- 방법
  - 발뒤꿈치 고정 상태에서 무릎을 전방으로 이동하며 움직임 유도
  - 발의 정렬을 유지하며 통증 없는 범위에서 실시


03 Warm-up 전략 실제 적용 사례 (2)
스프린트 드릴 및 동작 보강 _ 코치-감독
• 목적
- 고관절의 원활한 움직임을 통해 스프린트 동안의 햄스트링의 과도한 부하 최소화
- 개선된 골반의 움직임이 실제 스프린트 동작에 지속적으로 적용될 수 있도록 교육
< RESULT >
✓ 스프린트 최대 속도 단계에서의 햄스트링 불편감 감소
✓ 아이치-나고야 아시안게임 계주 동메달 획득


04 결론
“ 개인 맞춤화된 Warm-up ”
트레이너
• 약화·손상 부위의 근활성화 · 근력 강화
• 근거 기반으로 한 보강 운동 제공
코치·감독
• 활성화된 근육을 스프린트 동작에 적용
• 스프린트 동작에 계속 입혀져 선수가 실질적으로 사용할 수 있도록 적용
각자의 위치에서 할 수 있는 역할에 최선을 다하는 것이
개인에게 맞는 웜업을 통해 드랙에서 최고의 퍼포먼스를 낼 수 있도록 하는 것


감사합니다.

박재명

학력

한국체육대학교 체육학과 학사

한국체육대학교 일반대학원 체육학과 석사

한국체육대학교 일반대학원 체육학과 박사

주요 경력

(현)대한육상경기연맹 경기력향상위원회 부위원장

(현)대한핸드볼협회 스포츠공정위 위원

(전)경기도육상경기연맹 스포츠공정위 위원장

(전)경기도체육회 경기력향상위원

현재 소속 및 직위

한국체육대학교 스포츠청소년지도학과 학과장

대표논문

1. 창 던지기 릴리즈 동작 시 운동역학적 변인과 기록 간의 상관관계 분석
2. Impact of COVID-19 infection on sports performance of elite university athletes

육상(필드) 선수의 경기 전 warm-up 전략

한국체육대학교

박재명

사재혁

학력

한국체육대학교 체육학과 학사 졸업

주요 경력

2005 세계 주니어 역도선수권 금메달

2008 베이징 올림픽 77kg급 금메달

2009 세계 역도선수권 금메달

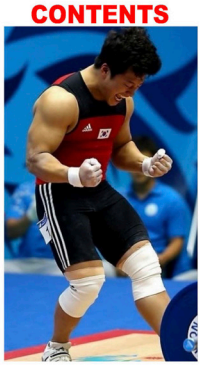
현재 소속 및 직위

강원특별자치도 홍천군청 역도팀 감독

역도 선수의 경기 전 warm-up 전략

홍천군청 역도감독
사재혁

CONTENTS



01 발표자 소개
주요 경력 및 자격

02 팀 소개
홍천군청 역도팀

03 경기 전 Warm-up 과정
시간대별 4단계 구성

04 우리 팀 웜업 적용
매트 단체 웜업 및 영상

05 웜업 프로그램 세부 내용
고려사항 · 프로그램 예시 · 결론

06 웜업 프로그램 세부 내용
고려사항 · 프로그램 예시 · 결론

2

01 PRESENTER

발표자 소개



사재혁감독
홍천군청 역도팀

주요 경력

2026.07.01 – 현재
홍천군청 역도팀 감독

2004–2015
대한민국 역도 국가대표

수상 경력

2008
베이징 올림픽 77kg급 금메달

2008
아시안 역도 선수권 3관왕

2009
세계역도선수권 용상 1위

2011
세계역도선수권 용상.합계 3위

2005
세계주니어 역도선수권 2관왕

3

02 TEAM

팀 소개



홍천군청 역도팀

WEIGHTLIFTING TEAM

2020	4	1
창단	선수	지도자

감독	사재혁
선수	송영환,오준성,손현욱,황수환
훈련 장소	홍천역도훈련장
주요 성과	2025세계역도선수권 동메달 2026 아이치.나고야 아시안개임 출전

4

03 WARM-UP PROCESS

경기 전 Warm-up 과정

첫 시기 약 60분 전부터 시작하여, 강도와 특이성을 단계적으로 높인 뒤 첫 시기 호출 전 완료

01 INDIVIDUAL
스트레칭
체조 스트레칭 매트 위
스트레칭 고관절 가동성 확보

02 ACTIVATION
코어 · 근활성화
ABS&BACK 트레이닝으로
복부근과 기립근 코어를
타이트하게 활성화 준비

03 DYNAMIC
개별 동적 가동성
밴드를 활용한 어깨,팔꿈치
등 가동성 강화.부상이력
부위 코어강화

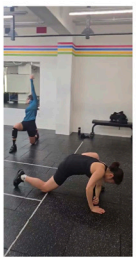
04 BARBELL
바벨 특이적 웜업
빈 바 기술 드릴 및 저중량
코어강화 → 점진적 중량 →
첫 시기 무게로 완결

개인별 준비 →트레이너 보조 → 바벨 특이적 수행 순으로 점진적으로 연결하여 첫 시기 경기력을 끌어올림

5

04 TEAM APPLICATION

우리 팀 웜업 적용









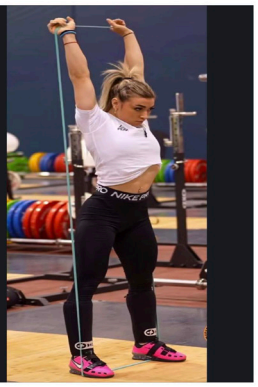


6

05

웜업 프로그램 세부 내용

단계별 운동 구성, 고려사항, 프로그램 예시와 결론



05 DETAIL

개별 웜업: 상지 가동성 확보

목적

오버헤드 자세에서 어깨·흉추의 가동 범위 확보

방법

밴드 숄더 디스로케이트, 코치 보조 어깨 신전 각 10회 × 2세트

포인트

통증 없는 범위에서 시작해 점진적으로 범위 확대

주의

어깨 부상 이력이 있는 선수는 강도와 범위를 개별 조절



8

06 KEY POINTS

웜업 구성 시 고려사항

경기 전 웜업을 설계할 때 저희 팀이 중요하게 보는 세 가지

1 INDIVIDUAL

개별화

선수별 부상 이력과 당일 컨디션에 따라 1차 중량을 선택합니다.

- ✓ 부상 이력 확인
- ✓ 당일 컨디션 체크
- ✓ 선수별 보강스트레칭 지정

2 PROGRESSIVE

점진성

저강도 가동성 → 근활성화 → 바벨 무게 순으로 강도를 높입니다.

- ✓ 가동성 → 활성화
- ✓ 빈 바 → 점진 증량
- ✓ 심리적 → 기록향상을 위한 정신

3 TIMING

타이밍

첫 시기 호출 시간에 맞춰 바벨 동업 시작 시점을 역산합니다.

- ✓ 첫 시기 시간 확인
- ✓ 시기 변경 대응
- ✓ 세트 간 휴식 조절

9

07 PROGRAM

경기 전 웜업 프로그램 예시

단계	운동	세트 × 횟수	목적	비고
개별	체조&스트레칭	10~15min	경기전 전신가동 스트레칭	
개별	밴드 숄더 디스로케이트	2 × 10	어깨 흉추 가동성	
코어	ABS&BACK	100rap이상	몸통(파워존) 안정성	
동적	Movement training	2 × 5 (좌우)	고관절 가동성	
바벨	빈 바 프레스 · 스내치 · 클린 드릴	3 × 3	기술 패턴 확인	
바벨	점진적 증량	첫 시기까지	신경근 준비	

※ 선수별 첫 시기 중량과 순서에 따라 세트 수와 휴식 시간을 조정합니다.

10

감사합니다

THANK YOU FOR YOUR ATTENTION

HongCheon

홍천군청 역도팀 감독 | 시재혁

김차연

학력

대구과학대학교 전문학사

주요 경력

2002년 부산아시안게임 금

2003년 세계선수권 3위

2004년 아테네올림픽 은

2006년 도하아시안게임 금

2008년 베이징올림픽 동

2010년 광저우아시안게임 동

2012년 런던올림픽 4위

2020년 도쿄올림픽 8강 (지도자/코치)

현재 소속 및 직위

충청남도개발공사 여자핸드볼 코치

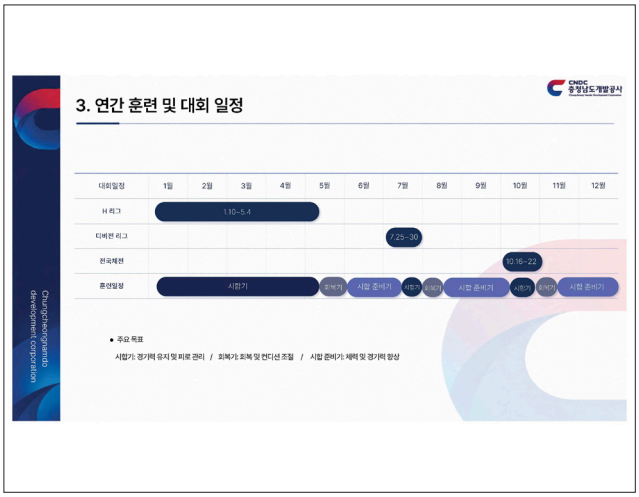
핸드볼 선수의 경기 전 warm-up 전략

충남개발공사 핸드볼 코치
김차연









4. 핸드볼 경기의 신체적 요구

- 경기 중 반복되는 주요 움직임



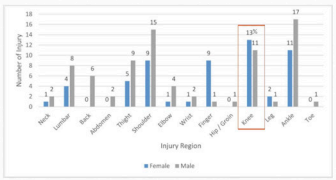


2026 아이치·나고야 아시안 게임

5. 핸드볼 선수의 부상 유병률

2023–2024 터키 핸드볼 엘리트 선수의 부상 발생 현황(2025)

n=160(여성 82명, 남성 78명)

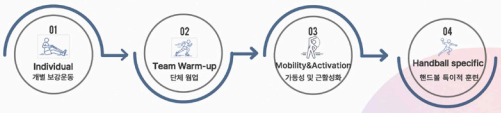


무릎 부상을 고려한 개별 보강운동

- 고관절 근육 활성화 : 중둔근·대둔근
- 무릎 주변 근육 활성화 : 대퇴사두근·햄스트링
- 하지 안정성 : 한발 지지 및 착지 동작 조절

6. 경기 전 warm-up 과정

- 경기 약 60분 전부터 웜업을 시작하여, 선수 소개가 시작되는 경기 10–15분 전까지 완료



개별화된 웜업을 시작으로 운동 강도와 움직임의 특이성을 점진적으로 증가시켜, 핸드볼 경기에서 요구되는 신체적·기술적 수행으로 연결

6. 경기 전 warm-up

- **개별 warm-up**

  단체 웜업 전, 선수 개인의 신체 상태와 요구에 따라 자율적으로 준비하는 단계

Mobility
어깨-흉추-고관절-발목 등 개인별 제한 부위를 중심으로 관절 가동성 확보

Activation & Stability
미니밴드 등을 활용한 주요 근육 활성화

Individual Needs
부상 이력 및 당일 컨디션을 고려한 개별 보강운동



선수 개인의 요구에 맞춰 신체를 준비하고, 이후 단체 웜업 및 고강도 움직임으로 연결

6. 경기 전 warm-up

- **단체 dynamic warm-up**

  다양한 방향의 동적 움직임을 통해 체온을 높이고 전신 움직임을 준비하는 단계

Dynamic Movement
저강도의 전신 움직임을 통한 체온 증가 및 신체 준비

Multi-directional Movement
사이드 스텝 등 다양한 방향의 움직임 수행

Coordination
상·하지의 협응 및 움직임 조절



동적인 전신 움직임을 통해 체온을 높이고 신체 활동을 준비하여,
이후 전신 가동성 및 근활성화 운동으로 연결

6. 경기 전 warm-up

- **전신 Mobility & Activation**

  전신 가동성 확보 및 근활성화

Whole-body Mobility
고관절-발목-흉추-어깨 등 전신 가동성 확보

Muscle Activation
코어·둔근 등 주요 근육 활성화

Stability & Control
몸통 및 관절 안정성과 움직임 조절 준비



주요 관절의 가동성과 근활성을 확보하여 움직임의 질을 높이고,
이후 러닝 및 핸드볼 특이적 훈련으로 연결

6. 경기 전 warm-up

- 핸드볼 특이적 훈련
  기본 패스부터 이동 중 패스, 포지션별 슈팅까지 단계적으로 진행하며 경기 특이적 움직임을 준비하는 단계



Ball pass

볼 감각 및 패스·캐치 준비



Running Pass

이동 중 패스·캐치 수행



Position-Specific Shooting

포지션별 슈팅 수행

6. 경기 전 warm-up

- 핸드볼 특이적 훈련(수비)
  상지 움직임과 신체 접촉을 활용한 수비 동작을 수행하고, 이후 대시로 연결하여 실제 경기 상황을 준비하는 단계





6. 경기 전 warm-up

- 핸드볼 특이적 훈련(골키퍼)
  다양한 높이와 방향의 슈팅에 단계적으로 대응하며 실제 경기에서 요구되는 골키퍼 동작을 준비



상단 슈팅 방어

골대 좌·우측 상단으로 향하는 슈팅에 대응



하지 중심 방어

상지 사용을 제한하여 낮은 코스의 슈팅에 대응



상·하단 연속 방어

서로 다른 높이와 방향의 슈팅에 대응하며
신속한 자세 전환 및 연속 방어 수행





초청세션 7: 최신 비만 치료의 패러다임
- 약물치료와 운동의 통합적 접근
Invited Session 7 (대한비만학회)

좌장: 용인세브란스병원 이태임, 강남성심병원 김원희

박경희

학력

서울대학교 의학과 학사, 1996

서울대학교 보건대학원 보건학 석사, 2002

서울대학교 의과대학원 의학 박사, 2008

주요 경력

1997-2000. 서울대학교병원 가정의학과, 전공의

2002- 현재. 한림대학교 의과대학 가정의학과, 전임강사 조교수,부교수, 교수

2012-2014. 미국 하버드 대학교 의과대학 Beth Israel Deaconess Medical Center,연구교수

2025- 현재. 비만대사연구학회 소아청소년비만 이사

2015-현재. 국제학술지 Metabolism 편집위원

광명시장 표창(2009), 보건복지부장관 표창 (2016, 2025)

현재 소속 및 직위

한림대학교 의과대학 한림대성심병원 가정의학과 교수

최근 논문

1. Kim Y, Song HJ, Kim DH, Jeong JY, Park KH, Park YS, Kim JK, Noh HM. Cross-Sectional and Longitudinal Associations of Irisin and Adiponectin With Obesity, Sarcopenia and Sarcopenic Obesity. J Cachexia Sarcopenia Muscle . 2026 Feb;17(1):e70172.
2. Lim S, Buranapin S, Bao X, Quiroga M, Park KH, Kang JH, Rinnov AR, Suwanagool A. Once-weekly semaglutide 2· 4 mg in an Asian population with obesity, defined as BMI≥ 25 kg/m2, in South Korea and Thailand (STEP 11): a randomised, double-blind, placebo-controlled, phase 3 trial. Lancet Diabetes Endocrinol. 2025 Oct;13(10):838-847.
3. Kim Y, Park KH, Noh HM. Effects of Integrating Wearable Activity Trackers With a Home-Based Multicomponent Exercise Intervention on Fall-Related Parameters and Physical Function in Older Adults: Randomized Controlled Trial. JMIR Mhealth Uhealth 2025;13:e64458

Beyond Weight Loss: 무엇을 줄이고, 무엇을 지킬 것인가?

한림대성심병원
박경희

비만의 치료의 근간은 에너지 섭취와 소비의 균형을 바로잡는 생활습관 개선이다. 최근 GLP-1 수용체 작용제 및 GIP/GLP-1 이중 작용제 등 체중감량 효과가 큰 비만치료제들이 개발되고 임상에 도입되면서 비만의 약물치료에 대한 관심이 높아지고 있다. 과거의 치료제들이 기저체중의 10% 이상 감량에 도달하기 어려웠던 것과 달리, 최신 약제들은 대규모 무작위 대조군 연구에서 평균 15-22% 정도에 달하는 높은 체중감량 효과를 보이고 있다.

그러나 우수한 체중감량 효과의 이면에는 체지방량뿐만 아니라 제지방량의 감소가 동반된다는 문제가 있다. 최신 약제들의 임상시험 시 체성분 관련 하위분석 및 실제 임상 현장 연구에서도 총 감량 체중의 약 35-40%에 이르는 제지방의 감소가 관찰된다. 제지방의 감소는 기초대사량 감소, 인슐린 감수성 저하, 치료 중단 후 체중 재증가 시 지방량 증가 등의 문제와 관련이 있다.

체중 감량 시 체성분의 변화 양상은 감량 속도와 섭취 열량 감소 양상 등과도 연관이 있다. 감량 속도에 대한 메타분석에 따르면, 주당 0.5-1.0kg 미만의 속도로 점진적 감량군은 주당 1.0kg 이상 감량 또는 초저열량 식이군에 비해 제지방량 감소 폭이 적고, 동일한 감량 폭에서도 체지방 감량 비율이 더 우수했다. 또한 단식기간에 따른 체성분 변화를 살펴본 메타분석에서도 총 단식기간이 길어질수록 체지방 감소량이 증가하긴 하지 총 체중 감량 중 제지방량이 차지하는 누적비율이 30-50% 정도로 높게 유지되어 극단적 열량 섭취 제한에 동반되는 근손실을 관찰할 수 있었다.

따라서 비만 치료의 주관심사는 단순히 "체중을 얼마나 줄였는가"에서 "어떤 성분을 줄이고, 어떤 성분을 보존했는가"라는 '체중 감량의 질' 로 전환되어야 한다. 감량 시 적극적인 감량의 대상이 되어야 할 것은 대사 이상과 심혈관 질환을 유발하는 내장지방, 간내 지방, 그리고 근육 내 지방 침착 등과 같은 이소성 지방이다. 반면, 반드시 지켜내야 할 요소는 전신 대사의 핵심 완충 조직이자 신체 기능의 근간이 되는 골격근의 양과 기능이다.

약물 치료 단독으로는 절대적인 골격근량의 손실을 피하기 어렵고, 치료 중단 후 체중 재증가를 효과적으로 억제하기에 한계가 있다. 본 강의에서는 체중 감량 과정에서 줄여야 할 지방과 보존해야 할 근골격계 지표를 살펴보고, 성공적이고 지속 가능한 비만 치료를 위한 관리 전략을 논의하고자 한다.

1. Jastreboff AM, Aronne LJ, Ahmad NN, Wharton S, Connery L, et al. Tirzepatide Once Weekly for the Treatment of Obesity. N Engl J Med. 2022;387(3):205-216.

2. Aronne LJ, Horn DB, le Roux CW, Ho W, Falcon BL, et al. Tirzepatide as Compared with Semaglutide for the Treatment of Obesity. N Engl J Med. 2025;393(1):26-36.
3. Neeland IJ, Linge J, Birkenfeld AL. Changes in lean body mass with glucagon-like peptide-1-based therapies and mitigation strategies. Diabetes Obes Metab. 2024;26 Suppl 4:16-27.
4. Karakasis P, Patoulias D, Fragakis N, Mantzoros CS. Effect of glucagon-like peptide-1 receptor agonists and co-agonists on body composition: Systematic review and network meta-analysis. Metabolism. 2025 Mar:164:156113.
5. Look M, Dunn JP, Kushner RF, Cao D, Harris C, et al. Body composition changes during weight reduction with tirzepatide in the SURMOUNT-1 study of adults with obesity or overweight. Diabetes Obes Metab. 2025;27(5):2720-2729
6. Ashtary-Larky D, Bagheri R, Abbasnezhad A, Tinsley GM, Alipour M, et al. Effects of gradual weight loss v. rapid weight loss on body composition and RMR: a systematic review and meta-analysis. British Journal of Nutrition (Br J Nutr), 2020;124(11):1127-1136.
7. Ulupınar S, Terzi M, Çamli A, Asan S, Şeran B, et al. Duration-Dependent Changes in Body Composition During Prolonged Fasting: A Systematic Review and Meta-Analysis. Nutr Rev. 2026 Jul 13:nuag092. doi: 10.1093/nutrit/nuag092. Online ahead of print.
8. Beaudart C, Malréchauffé Y, van Heden S, Sanchez-Rodriguez D, Scheen A, et al. GLP1 Receptor Agonists and Musculoskeletal Outcomes: A Systematic Literature Review and MetaAnalysis. Drugs (2026) 86:1661–1691

김윤명

학력

연세대학교 체육교육과 학사

University of Arkansas, Health Science, M.S.

University of Pittsburgh, Exercise Physiology, Ph.D.

주요 경력

연세대학교 국제캠퍼스 체육지원센터 소장

대한비만학회 운동위원회 간사

현재 소속 및 직위

연세대학교 학부대학 부교수

대표논문

1. Kim, Y., Yun, J., An, H.-J., Lim, H., Lee, S., & Park, K. H. (in press). Independent associations between muscular strength, abdominal fat and metabolic health in Korean boys with obesity: The ICAAN Study. APNM
2. Kang, B., Kim, D. E., Kim, D., Lee, H.-J., Lee, D., & Kim, Y. (2026). Interpretable lower limb strength estimation using sEMG and torque metrics in a hip-joint exoskeleton. IRBM, 47,
3. Kang, B., Kim, D., Yoon, S., Kim, D., Lee, H.-J., Lee, D., & Kim, Y. (2026). Consistent assessment of heart rate recovery across exercise intensities. Biomedical Signal Processing and Control.

Quality of Weight Loss: 근감소 예방을 위한 저항성 운동의 임상적 가치

연세대학교
김윤명

As obesity treatments advance, substantial weight loss is increasingly achievable through lifestyle interventions, pharmacotherapy, and bariatric surgery. However, weight reduction is often accompanied by loss of fat-free mass, including skeletal muscle mass, which may compromise muscular strength, physical function, and metabolic health. Because skeletal muscle plays a central role in glucose regulation and physical performance, preserving muscle mass and function should be a key priority in obesity management. This perspective highlights the importance of the "Quality of Weight Loss" rather than weight reduction alone.

Progressive resistance training (PRT) is an important strategy for minimizing muscle loss and preserving strength during weight reduction. However, simply including resistance exercise in a weight management program does not guarantee sufficient muscular adaptation. Training must provide an adequate stimulus through appropriate loading, sufficient effort, and progressive overload. For many individuals, moderate-to-high intensity resistance training at approximately 60-80% of one-repetition maximum (1-RM), performed for 8-12 repetitions per set, offers a practical starting point. Training load and effort should be progressively adjusted according to individual capacity and clinical condition to support muscle preservation and functional performance.

The success of obesity treatment should therefore be evaluated not only by the amount of weight lost but also by changes in body composition, muscular strength, and physical function. Integrating appropriately prescribed resistance training into obesity management represents an important clinical strategy to attenuate muscle loss, limit sarcopenia-related functional decline, and improve the quality of weight loss.

Keywords: Quality of Weight Loss, Resistance Exercise, Sarcopenia Prevention, Skeletal Muscle Mass

이소정

학력

1992-1996 학사: 이화여자대학교 사회체육학과

1998-2001 석사: University of Manitoba (Winnipeg, Canada)

2001-2005 박사: Queen's University (Kingston, Canada)

주요 경력

2007-2015	조교수: 피츠버그 의과대학 소아과, UPMC Children's Hospital of Pittsburgh
2015-2017	부교수(종신교수): 피츠버그 의과대학 소아과, UPMC Children's Hospital of Pittsburgh
2017-현재	교수: 경희대학교 체육대학원 스포츠의과학 전공
2025-현재	대한비만학회 운동위원회 이사, 학술위원, 편집위원, 진료지침위원, 소아청소년위원, 연구위원회 위원

현재 소속 및 직위

경희대학교 체육대학원 스포츠의과학 전공 교수

대표논문

1. Park J, Lee S, Yun J, Cho S, Lee S*. Feasibility and Effects of Exercise Snacks on Fitness and Body Composition in Women with Overweight or Obesity: A Randomized Controlled Trial. J Phys Act Health. 2026. In Press. *Corresponding author.
2. Mirzadeh P, Lee S*, Arslanian S, Kuk JL. Individual Variability in Insulin Sensitivity, Visceral Fat, and Cardiorespiratory Fitness in Response to Exercise in Adolescents with Obesity. Nutr Metab Cardiovasc Dis. 2026 Jun;36(6):104615. *Corresponding author.
3. Han M, Yun J, Kuk JL, Lee S*. Effect of brief intense stair climbing on cardiorespiratory fitness and metabolic risk factors in young men with obesity: A randomized controlled trial. Nutr Metab Cardiovasc Dis. 2025 Jul;35(7):103902. *Corresponding author.

Exercise Snacks: 심폐체력과 대사건강을 위한 새로운 운동전략

경희대 체육대학원
이소정

Prolonged sedentary behavior is consistently associated with an increased risk of obesity, type 2 diabetes, cardiovascular disease, and all-cause and cardiovascular mortality. Studies have shown that prolonged periods of inactivity is associated with higher postprandial glucose and insulin levels and impairs endothelial function and reduce blood flow, mechanisms that may contribute to atherosclerosis over time. Consequently, public health strategies increasingly emphasize reducing sedentary time by encouraging individuals to "sit less and move more" throughout the day. This shift is reflected in the 2020 World Health Organization guidelines on physical activity and sedentary behavior, which removed the earlier recommendation that physical activity be accumulated in bouts of at least 10 minutes.

In this context, "exercise snacks" have emerged as a promising strategy for interrupting prolonged sedentary behavior and improving metabolic health. Although no standardized protocol has been established, exercise snacks generally consist of brief bouts of vigorous-intensity physical activity, such as stair climbing or bodyweight exercises, lasting 1–2 minutes or less and repeated several times throughout the day. Requiring little time and minimal equipment, exercise snacks may be a feasible alternative for adults who face barriers to structured exercise, such as time constraints and low baseline fitness, both of which are common among people with obesity.

This lecture will introduce the concept and practical application of exercise snacks and review current evidence on their effects on cardiorespiratory fitness and metabolic health. From the perspective of exercise prescription for obesity management, we will discuss how exercise snacks can be incorporated into daily routines, what outcomes can realistically be expected, and how they may improve cardiorespiratory fitness and metabolic health independent of weight loss.



자유연제 - 우수구연
Best Oral Presentations

좌장: 삼성서울병원 유재철, 고대구로병원 배지훈

ACL 재건술 후 초기 관절성 근억제(AMI)가 임상적·기능적 회복에 미치는 영향

고려대학교 안암병원 스포츠의학센터, 고려대학교 안암병원 정형외과
이진혁, 이서준, 장기모

목적

Arthrogenic muscle inhibition (AMI) following anterior cruciate ligament reconstruction (ACLR) may impair muscle strength recovery and functional performance. Although the clinical classification of AMI has been established, its longitudinal impact on neuromuscular recovery and functional outcomes remains unclear. Therefore, this study aimed to investigate whether early postoperative AMI, identified within three weeks after ACLR, influences subsequent clinical and functional recovery and to determine whether AMI independently predicts functional outcomes according to postoperative timing.

대상 및 방법

Eighty-six patients who underwent arthroscopic ACLR were enrolled in this study. Early postoperative AMI was classified according to the clinical criteria described in the Scientific Anterior Cruciate Ligament Network International group. Muscle strength (%) and acceleration time (AT, ms) were evaluated using an isokinetic device. Functional performance was measured using dynamic postural stability and the single-leg hop distance. Patient-reported outcomes included International Knee Documentation Committee, Lysholm, and Tegner activity scale scores. Multiple linear regression analysis was performed to determine whether early postoperative AMI was an independent predictor of postoperative functional outcomes.

결과

Patients with early postoperative AMI demonstrated significantly lower quadriceps strength and longer quadriceps AT at three (strength and AT, P< .001) and six months (strength, P= .009; AT, P= .011) than those without AMI. Multiple regression analysis demonstrated that early postoperative AMI was independently associated with both quadriceps strength (P< .001) and AT (P< .001) at three months, whereas at six

months, only quadriceps AT remained significantly associated with AMI (P= .001).

결론

Early postoperative AMI may contribute to quadriceps weakness and delayed neuromuscular recovery, particularly prolonged quadriceps acceleration time, during 6 months after ACLR. However, it did not negatively affect clinical or functional recovery at 12 months postoperatively.

키워드

anterior cruciate ligament reconstruction / arthrogenic muscle inhibition / quadriceps / muscle strength / acceleration time

프로축구 프리시즌 부상의 과소평가된 기여 요인으로서 연습경기

스피크재활의학과, 하이퍼포먼스센터
정태석

목적

Pre-season is the highest-risk phase of professional football, yet the contribution of different *match* exposure types - practice/friendly versus official competition — to pre-season injury is rarely separated in surveillance studies, and the mechanism, timing and severity of practice-match injuries are under-reported. This study aimed to quantify the contribution of practice matches to pre-season injury, and to compare the incidence, mechanism, in-match timing and severity of practice- versus official-match injuries, in a single professional club.

대상 및 방법

Prospective surveillance of one K-League first-division club over four seasons (2013–2016), using F-MARC consensus methods and a single medical recorder. Match exposure was classified as practice or official from the prospectively-recorded match-type field. Incidence rates (IR), incidence rate ratios (IRR) with 95% CIs, Contact × Foul mechanism, 15-minute in-match timing, and the F-MARC severity distribution were computed.

결과

Pre-season practice matches supplied 7.0% of pre-season exposure but 37.2% of injuries (5.28-fold disproportion), with an incidence 7.81-fold that of pre-season training (IRR 7.81, 95% CI 5.41-11.30). In-season, practice- and official-match risk was indistinguishable (IRR 0.86, 0.63-1.17). Foul-related contact was non-significantly higher in practice matches (38.8% vs 29.9%; $p = 0.12$), with late-half clustering in both. Severity distributions differed (2×5 χ^2 $p = 0.037$) in shape, not location (Mann–Whitney $p = 0.96$): official injuries were unimodal (2–3 d band), practice injuries bimodal (excess at ≤1 d and 8–28 d).

결론

Practice matches are a small exposure share but an under-recognised contributor to pre-season injury, carrying per-hour risk comparable to competitive matches and a distinct moderate-injury signature. Pre-season prevention should manage practice matches as a discrete high-risk exposure rather than absorb them into training-load models.

키워드 Soccer / Athletic injuries / Injury surveillance / Friendly matches / Injury prevention / Training load

운동유발성 근육손상 후 크레아틴·콜라겐 펩타이드 복합 섭취가 회복에 미치는 영향

서원대학교 헬스케어운동학과

유준영, 김주영

목적

본 연구의 목적은 운동유발성 근육손상(exercise-induced muscle damage, EIMD) 이후 크레아틴(creatine)과 콜라겐 펩타이드(collagen peptide)의 복합 섭취가 위약 및 크레아틴 단독 섭취와 비교하여 회복 지표에 미치는 영향을 평가하는 것이다.

대상 및 방법

본 연구는 무작위 배정, 이중맹검, 위약대조 설계로 수행되었다. 비훈련 상태의 건강한 성인 30명을 위약군(PLA, n=10), 크레아틴 단독 섭취군(CR, n=10), 크레아틴 및 콜라겐 펩타이드 복합 섭취군(CR+CP, n=10)으로 무작위 배정하였다. 보충제는 EIMD 유발 7일 전부터 섭취하였으며, EIMD는 등속성 운동 장비를 이용한 비우세측 무릎 신전근의 신장성 수축(60°/s, 6세트×10회)으로 유도하였다. 회복 지표는 최대등척성 수축(maximal voluntary isometric contraction, MVC 30°, 110°), 관절가동범위(range of motion, ROM), 시각적 통증척도(visual analogue scale, VAS), 대퇴둘레로 평가하였다. MVC는 운동 전·직후 및 24, 48, 72, 96시간에, ROM·VAS·대퇴둘레는 운동 전 및 24, 48, 72, 96시간에 측정하였다. 자료는 집단(3)×시간의 혼합설계 반복측정 분산분석(α=.05, Bonferroni 사후검정)으로 분석하였다.

결과

MVC 30°에서 집단×시간 상호작용 효과가 유의하였으며($F(10,135)=2.542$, $p=.008$, $\eta p^2=.158$), 운동 후 96시간 시점에서 CR+CP군(148.80±29.65 Nm)이 CR군(112.40±31.39 Nm)보다 유의하게 높았다($p=.047$). 다만 같은 시점에서 PLA군(126.00±42.48 Nm)과 CR+CP군 또는 CR군 간에는 유의한 차이가 없었다($p>.05$). MVC 110°($F(10,135)=2.130$, $p=.026$)와 ROM($F(8,108)=2.262$, $p=.028$)에서도 집단×시간 상호작용 효과가 유의하였으나 사후검정에서 집단 간 유의한 차이는 확인되지 않았으며($p>.05$ for all), 집단 내 시점 간 변화만 일부 관찰되었다(PLA, CR군에서 ROM 감소). VAS에서는 집단×시간 상호작용이 유의하지 않았고($F(8,108)=0.475$, $p=.871$), 대퇴둘레에서는 상호작용 효과가 유의하였으나($F(8,108)=2.446$, $p=.017$) 사후검정에서 집단 간 차이는 나타나지 않았다($p>.05$).

결론

크레아틴과 콜라겐 펩타이드의 복합 섭취는 운동 후 96시간 시점의 MVC 30°에서 크레아틴 단독 섭취보다 높은 근력 회복을 보였으나, 이는 위약군과의 비교에서는 확인되지 않았다. 따라서 본 결과는 복합 섭취가 위약 대비 회복을 향상시켰다는 근거라기보다, 특정 조건에서 크레아틴 단독 섭취보다 상대적으로 유리한 경향을 보였다는 의미로 제한적으로 해석해야 한다. 대부분의 회복 지표에서는 집단 간 유의한 차이가 나타나지 않았으며, 향후 충분한 표본 수와 생화학적 회복 지표를 포함한 후속 연구가 필요하다.

키워드

운동유발성 근육손상 / 크레아틴 / 콜라겐 펩타이드 / 복합 섭취 / 회복

전문 발레 무용수에서의 고관절 병변에 대한 메타분석

이화여자대학교 의과대학 정형외과학교실

윤병호, 박기태

목적

Professional ballet dancers subject their hip joints to motion far exceeding physiological limits, yet the pooled prevalence of hip pathology in this population remains poorly characterized. We aimed to determine the pooled prevalence of intra-articular and extra-articular hip pathology in professional ballet dancers and to characterize the overall pattern of hip joint involvement.

대상 및 방법

PubMed/MEDLINE, EMBASE, Cochrane CENTRAL, and SPORTDiscus were searched from inception to January 2026. Studies reporting imaging- or clinically-defined hip pathology in professional ballet dancers were eligible. Pre-specified outcomes were intra-articular pathology (labral tear, cartilage injury), FAI morphology (cam, pincer), acetabular dysplasia (frank, borderline), and snapping hip (internal, external). Pooled prevalence was estimated using a Freeman–Tukey double arcsine transformation with a DerSimonian–Laird random-effects model. Heterogeneity was assessed with I^2, and publication bias with funnel plots and Egger's test.

결과

Seven studies comprising 371 hips were included. Intra-articular soft-tissue pathology was highly prevalent: labral tear 77% (95% CI, 58–97) and cartilage injury 63% (95% CI, 53–72). In contrast, static bony abnormalities were uncommon: FAI cam 11% (95% CI, 1–20), FAI pincer 7% (95% CI, 0–14), frank dysplasia 4% (95% CI, −1 to 9), and borderline dysplasia 23% (95% CI, 16–31). Internal snapping hip was 52% (95% CI, 48–57) and external snapping hip 2% (95% CI, 0–4). Egger's test detected no significant funnel plot asymmetry.

결론

In professional ballet dancers, labral tear and cartilage injury are highly prevalent, whereas bony abnormalities including FAI and dysplasia appear comparatively uncommon. This dissociation possibly supports a functional impingement mechanism in professional ballet.

키워드

ballet / hip / femoroacetabular impingement / labral tear / articular cartilage / snapping hip / prevalence / meta-analysis

하체 전기근육자극 운동이 폐경 여성의 신체조성·근기능·동맥경화지표에 미치는 효과

서울대학교 사범대학 체육교육과

김경호, 박준형, 윤성재, 김연수

목적

폐경 여성은 신체조성 악화, 근기능 저하, 동맥경직도 증가가 동시에 진행되지만 이를 개선할 수 있는 운동에 대한 참여율이 낮아 시간 효율적인 대안 중재가 요구된다. 전기근육자극(EMS)이 그 대안으로 주목되어 왔으나 관련 근거는 대부분 전신 수트형에 편중되어 있어, 본 연구는 머신 기반 저항성 운동과 병행한 하체 EMS의 8주 중재가 저항성 운동 단독 및 무처치 통제와 비교하여 신체조성, 등속성 근기능, 동맥경화 지표에 미치는 효과를 규명하고자 하였다.

대상 및 방법

단일기관 3군 병렬 무작위 대조 실험으로 진행하였다. 서울·수도권 거주 50–65세, 최근 3개월간 비활동적인 폐경 여성 38명을 연령·최고 baPWV를 균형 변수로 한 공변량 적응적 재무작위화로 EMS+RT군(n=12), RT군(n=12), 통제군(n=14)에 배정하였다. 두 운동군은 주 2회·8주간 동일한 8종목 하체 머신 저항 운동을 RPE 기반 점진적 과부하로 수행하였고, EMS+RT군은 6채널 하체 EMS 수트(85 Hz, 펄스폭 350 μs, 듀티 약 1:2, 최대하 강도)를 착용하고 운동에 참여하였다. 결과변수는 4계층 위계로, 일차는 체지방률, 핵심이차는 최고 baPWV와 우세측 무릎 신전 최대 토크/체중이었다. 주분석은 치료의도(ITT) 원칙 하 다중대체(MICE, m=50, 예측평균매칭) 공분산분석(사후값 ~ 군 + 기저값 + 연령)으로 수행하였다. 효과는 군별 기저보정 변화량(추정주변평균 − 전체 사전평균)과 보정된 군간 차이로 보고하고, 각각 95% 신뢰구간(CI)과 Cohen's d를 병기하였다. 모든 가설검정은 양측 검정·α=0.05로 시행하였다. 다중성은 위계별로 차등 보정하여, 일차는 단독 게이트, 핵심 이차는 Holm 병렬 게이트키핑을 적용하였고, 이차는 비보정 p값으로 해석하였다. 강건성은 세 분석법(ITT-ANCOVA·선형혼합모형·완료자 분석) 삼각검증과 MNAR 델타 조정 패턴혼합 민감도로 평가하였다. (IRB No. 2601/002-017; ClinicalTrials.gov NCT07385534)

결과

무작위 배정된 38명을 ITT 분석하였고 31명이 중재를 완료하였다(탈락률 18.4%, 중재 관련 이상반응 없음, 완료자 회기 출석률 100%). 일차 결과인 체지방률은 군 간 차이가 유의하였다($F[2,30]=5.68$, $p=0.008$, partial $\eta^2=0.275$). 기저보정 변화량은 EMS+RT군 −1.49%포인트(95% CI −2.67~−0.31), RT군 −0.17%포인트(−1.38~1.03), 통제군 +1.25%포인트(0.02~2.47)였으며,

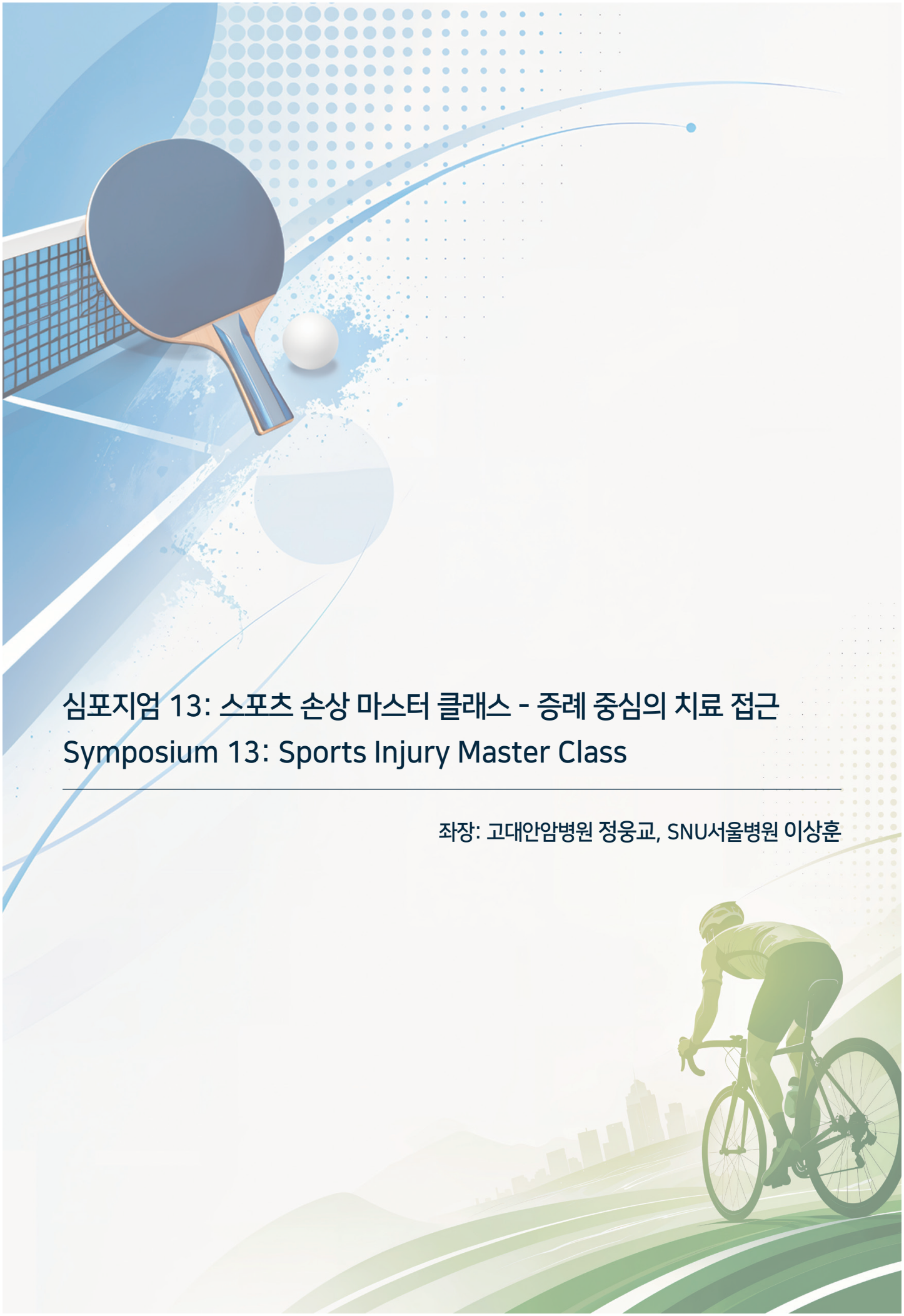
EMS+RT군은 통제군 대비 −2.73%포인트(95% CI −4.45~−1.02; Holm p=0.009, d=−0.52) 감소한 반면 RT 단독군은 통제군과 차이가 없었다(−1.42%포인트, −3.10~0.26; p=0.190). 핵심이차에서 최고 baPWV는 EMS+RT군이 통제군 대비 −98.3 cm/s(95% CI −171.0~−25.5; d=−0.48) 개선되었으나 Holm 보정 후 유의성은 유지되지 않았고(보정 p=0.064), 우세측 무릎 신전 토크는 군 간 차이가 유의하지 않았다(p=0.073). 신체조성에서는 EMS+RT군이 통제군 대비 허리둘레 −3.11 cm(95% CI −5.12~−1.10), 체지방량 −1.79 kg(−2.91~−0.67), 내장지방면적 −9.35cm²(−15.90~−2.80), 허리-엉덩이비 −0.022(−0.036~−0.008)로 모두 유의하게 개선되었으나(raw p<0.05) RT 단독군은 통제군과 분리되지 않았다. 혈압·혈관 지표에서도 EMS+RT군은 통제군 대비 수축기혈압 −15.23 mmHg(95% CI −24.86~−5.60; d=−0.82), 맥압 −8.51mmHg(−15.08~−1.95), 평균동맥압 −8.91 mmHg(−15.66~−2.15)이 유의하게 낮았다. 반면 등속성 근기능(우세측 신전 총일량/체중)은 EMS+RT군(통제 대비 +310%BW, 95% CI 124~496)과 RT군(+365%BW, 170~559)에서 모두 향상되었고 두 운동군 간 차이는 유의하지 않았다(p=0.594), 결과의 강건성은 세 분석법(ITT-ANCOVA·선형혼합모형·완료자 분석) 일치도(핵심 20변수 85.0%, 전체 49변수 79.6%)와 MNAR 민감도(일차 결과 델타 0.5 SD까지 유지)로 확인되었다.

결론

8주간의 하체 EMS 병행 저항성 운동은 폐경 여성의 체지방률과 중심성 비만을 유의하게 개선하고 혈압, 혈관 지표에서도 일관된 개선을 보였으며, 이러한 효과는 저항성 운동 단독에서는 관찰되지 않았다. 반면 등속성 근기능의 향상은 두 운동군에서 공통으로 나타나 저항성 운동에 기인한 것으로 해석된다. 즉 EMS 병행의 부가적 이점은 근기능보다 신체조성과 혈관 지표에서 두드러졌다. 본 결과는 운동 참여가 저조한 폐경 여성에게 하체 EMS 병행 저항성 운동이 시간 효율적이고 안전한 대안적 중재가 될 수 있음을 시사한다.

키워드

전기근육 자극 / 저항성 운동 / 폐경 / 동맥경화 / 신체조성 / 근기능



심포지엄 13: 스포츠 손상 마스터 클래스 - 증례 중심의 치료 접근
Symposium 13: Sports Injury Master Class

좌장: 고대안암병원 정웅교, SNU서울병원 이상훈

Foot & Ankle Sports injury : How do I treat?

분당차병원
이성현

김수철

학력

중앙대학교 의학과 학사

한국방송통신대학교 의료통계학과 석사

성균관대학교 의학과 박사 과정

주요 경력

삼성서울병원 정형외과 임상조교수

중앙대학교병원 정형외과 임상조교수

현재 소속 및 직위

청담리온정형외과 원장

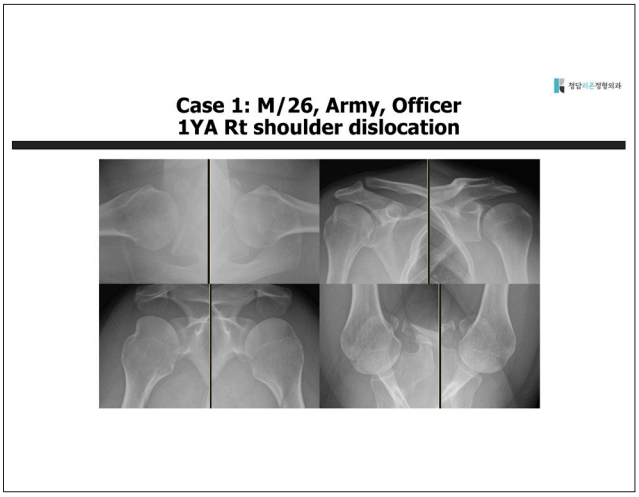
대표논문

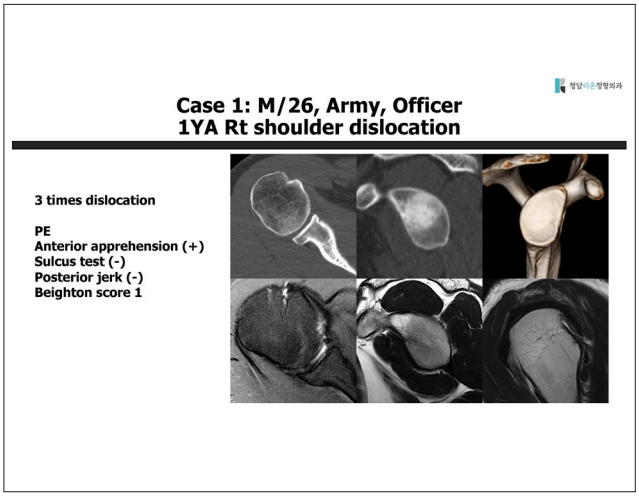
Kim SC, Kim HG, Rhee YG, Rhee SM, Cho CH, Kim DH, Lee HD, Yoo JC. Surgical Outcomes of Weight-Bearing Shoulders: Arthroscopic Rotator Cuff Repair and Reverse Shoulder Arthroplasty. Clin Orthop Surg. 2025

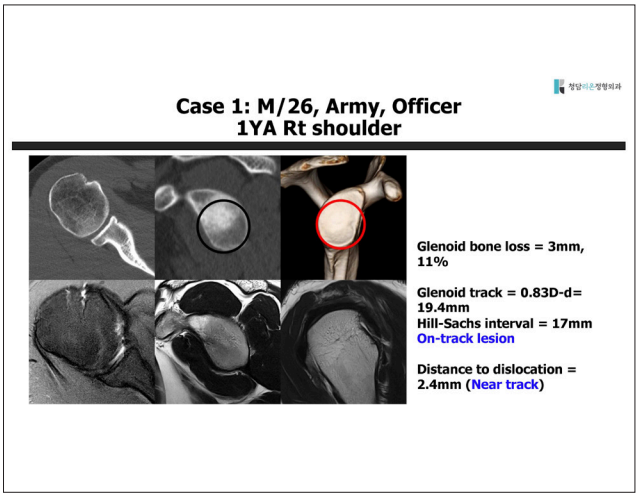
Shoulder Sports Injury : How do I treat?

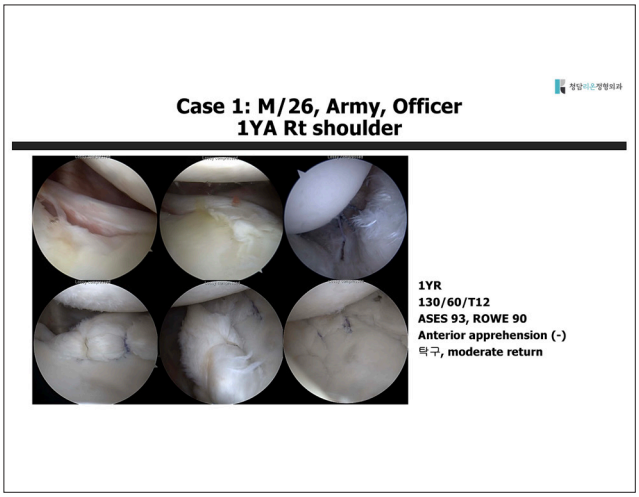
청담리온정형외과

김수철

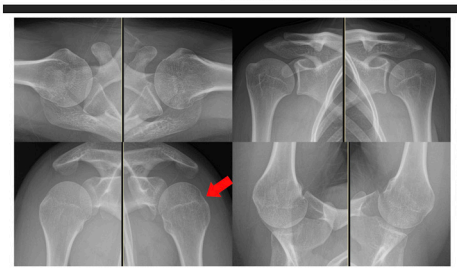








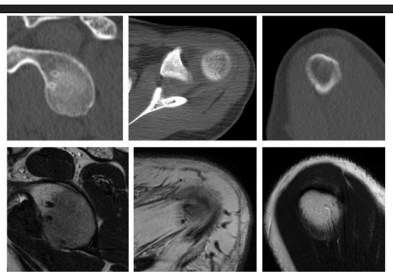
Case 2: F/27, 태권도, 3YA Dislocation (OP)
2YA redislocation



2 times dislocation

PE
Anterior apprehension (+)
Sulcus test (-)
Posterior jerk (-)
Beighton score 3

Case 2: F/27, 태권도, 3YA Dislocation (OP)
2YA Recurrence of dislocation

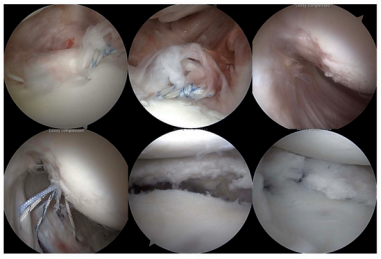


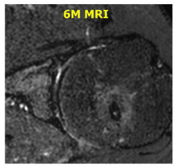
Glenoid bone loss = 1mm, 3%

Glenoid track
= 0.83D-d = 23.5mm
Hill-Sachs interval = 10mm
On-track lesion

Distance to dislocation = 13.5mm

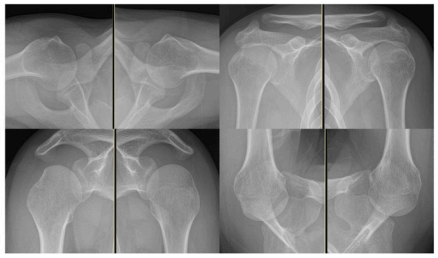
Case 2: F/27, 태권도, 3YA Dislocation (OP)
2YA Recurrence of dislocation



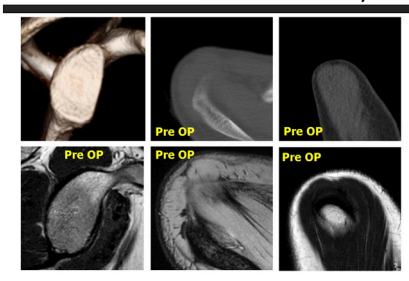


1YR
130/50/T11, ASES 68, ROWE 75
Anterior apprehension (-)
태권도, Good return to sports

Case 3: F/27, 교사, 골프, 배드민턴
5YA Dislocation, 10회



Case 3: F/27, 교사, 골프, 배드민턴
5YA Dislocation, 10회



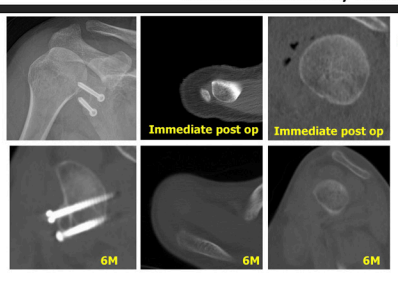
Glenoid bone loss: 4mm, 16%

Glenoid track = 0.83D-d= 19.2mm
Hill-Sachs interval = 20mm
Off-track lesion

Distance to dislocation = -0.8mm

Contact sports (+)

Case 3: F/27, 교사, 골프, 배드민턴
5YA Dislocation, 10회



Subcritical Bone Loss

- **Shaha et al. (2015)**
  - 73 shoulders (72 patients)
  - Mean follow-up 48.3 months
  - Overall failure (recurrent dislocation) rate: 12.3%

Bone loss	Failure rate
Q1: 2.8%	**7.3%**
Q2: 10.4%	
Q3: 16.1%	
Q4: 24.5%	27.8% (P < 0.05)

Subcritical bone loss: 기존의 critical bone loss 기준(20~25%)보다 훨씬 낮은 13.5%의 골 소실

Summary

- **Anterior shoulder instability with subcritial bone loss**

- Accurate patient assessment and imaging evaluation is crucial
- Quantification of glenoid bone loss using CT or MRI
- On-track/Off-track classification based on the glenoid track concept

- Evolving concept of critical bone loss
  - Subcritical bone loss is not always subcritical

김두한

학력

계명대학교 의과대학 의학사

계명대학교 대학원 의학석사

계명대학교 대학원 의학박사

주요 경력

건국대학교병원 슬관절 및 스포츠의학센터 임상조교수

대한스포츠의학회 국제교류위원회 위원

대한정형외과 스포츠의학회 의무협력위원회 위원

대한농구협회 의무위원회 위원

대한빙상경기연맹 의무위원회 위원

현재 소속 및 직위

계명대학교 의과대학 정형외과 조교수

대표논문

1. Kim DH, Kim JH, Cho CH. Rotator cuff muscle imbalance in patients with chronic anterior shoulder instability. Diagnostics (Basel, Switzerland). 2024;14(6):648.
2. Cho CH, Na SS, Choi BC, KimDH. Complications related to latarjet shoulder stabilization : A systematic review. American Journal of Sports Medince. 2023;51(1):263-270.
3. Kim DH, Bae KC, Yon CJ, Kim JH. Posterior medial meniscus root repair using two transtibial tunnels with modified Mason-Allen stitches : A technical note. Medicina (Kaunas, Lithuania). 2023;59(5):922.

Elbow Sports Injury : How do I treat?

계명대 동산병원
김두한

팔꿈치 스포츠 손상의 치료는 병변 자체보다 "누구의, 어떤 팔꿈치인가"로 결정된다. 같은 MRI 소견이라도 투구 선수의 dominant arm과 일반인의 non-dominant arm은 치료 목표가 다르며, 종목·포지션·시즌·골성숙도·복귀 목표가 수술 적응증을 바꾼다. 본 강의는 다섯 가지 증례를 통해 각 질환의 핵심 판단 기준(decision point)을 정리한다.

1. MCL (UCL) injury

MCL의 anterior bundle은 굴곡 중간 범위에서 valgus에 대한 일차 안정화 구조이며, late cocking–early acceleration phase의 반복적 valgus stress가 손상 기전이다. 진단은 moving valgus stress test와 milking maneuver에 더해 MR arthrography(undersurface partial tear의 "T-sign") 또는 dynamic stress ultrasound로 보완한다. 부분파열은 투구 중단 후 단계적 interval throwing program이 원칙이며, PRP는 일부 긍정적 보고가 있으나 근거 수준은 아직 낮다. 투구 선수의 완전파열은 reconstruction(docking 또는 modified Jobe)이 표준으로 복귀율은 높지만 긴 재활 기간이 필요하다. 최근에는 조직 상태가 양호한 proximal/distal end avulsion에서 suture tape augmentation을 동반한 primary repair가 더 빠른 복귀로 주목받고 있으나, 장기 결과와 적응증의 경계는 아직 정립 중이다.

2. Elbow dislocation

대부분 posterolateral 방향이며, 연부조직 손상은 LCL complex에서 시작해 내측으로 진행하는 Horii circle 개념으로 이해한다. 골절이 없는 simple dislocation은 정복 후 안정 범위(arc)를 확인하고 조기 운동을 시작하는 것이 핵심이며, 장기간의 고정은 강직의 주요 원인이므로 피해야 한다. 신전 말기에 불안정하면 hinged brace로 안정 범위 내 운동을 허용한다. 정복 후에도 굴곡 위치에서 쉽게 재탈구되거나 고수준 운동선수의 grossly unstable elbow라면 급성 LCL(± MCL) repair를 고려한다. Terrible triad 등 complex dislocation은 coronoid, radial head, LCL을 순차적으로 재건하여 조기 운동이 가능한 안정성을 확보하는 것이 목표다.

3. Triceps snapping syndrome

삼두근 medial head의 일부가 굴곡 시 medial epicondyle을 넘어 탈구되는 질환으로, 흔히 ulnar nerve dislocation과 동반되

어 “double snapping”을 보인다. 전형적으로 굴곡 중 ulnar nerve가 먼저, 더 깊은 굴곡에서 triceps가 뒤이어 튕기며, dynamic ultrasound가 두 구조를 구분하는 가장 유용한 검사다. 이를 놓치고 ulnar nerve transposition만 시행하면 snapping과 통증이 지속되는 대표적인 실패 원인이 된다. 보존 치료에 반응하지 않으면 ulnar nerve anterior transposition과 함께 snapping되는 medial triceps 부분의 절제 또는 외측 전위를 동시에 시행한다.

4. 야구선수 medial epicondyle avulsion fracture

골성숙 이전 투수에서는 MCL보다 medial epicondyle physis가 약한 고리이므로, 성인의 MCL 손상에 해당하는 손상이 견열골절로 나타난다. 단순 방사선 사진의 전위 측정은 관찰자 간 신뢰도가 낮아 CT 평가가 바람직하다. 관절 내 골편 감입은 절대적 수술 적응증이며, 척골신경 증상과 valgus instability는 상대적 적응증이다. 일반인은 섬유성 유합이 생겨도 기능적 결과가 대체로 양호하지만, 투구 선수에서는 valgus 안정성 회복을 위해 수술 역치를 낮추어 cannulated screw ORIF를 시행하며 좋은 유합률과 복귀율이 보고된다. 다만 수술이 필요한 전위 기준은 고수준 근거로 합의되지 않았으며, Little League elbow 스펙트럼을 고려한 투구 수 관리 등 예방이 함께 강조되어야 한다.

5. Elbow OCD (capitellum)

청소년기 투구 선수와 체조 선수에서 반복적 radiocapitellar compression으로 발생하며, 더 어린 연령에서 capitellum 전체를 침범하고 자연 회복되는 Panner disease와 감별해야 한다. 치료 결정의 핵심은 병변의 안정성으로, capitellar physis가 열려 있고 초기 단계이며 운동 범위가 보존된 stable lesion은 투구 중단만으로도 높은 치유를 기대할 수 있다. Unstable lesion 중 작은 병변은 관절경적 debridement와 drilling으로 충분하지만, 골편이 보존 가능하면 fixation을 우선 고려한다. 병변이 크거나 lateral wall을 침범하면 radiocapitellar 안정성이 위협받으므로 osteochondral autograft(knee mosaicplasty 또는 costal osteochondral graft)가 권장된다. 일본에서 시행 중인 초음파 기반 유소년 선수 선별검사는 조기 발견으로 보존 치료 성공률을 높이는 전략으로 참고할 만하다.

황정모

학력

충남대학교 의과대학 의학과 학사

충남대학교 의과대학 정형외과학 석사

충남대학교 의과대학 정형외과학 박사

주요 경력

대한정형외과스포츠의학회 정회원

대한정형외과학회 정회원

대한고관절학회 정회원

대한관절경학회 정회원

대한정형외과초음파학회 정회원

현재 소속 및 직위

충남대학교 의과대학 정형외과학교실 부교수

Hip Sports Injury : How do I treat?

충남대병원
황정모

Sports-related hip injuries may result from overlapping intra-articular, extra-articular, and osseous disorders. Successful treatment therefore begins with identifying the clinically relevant pain generator rather than treating imaging abnormalities alone. Assessment should include the injury mechanism, changes in training load, pain location, mechanical symptoms, hip range of motion, muscle strength, and provocative testing. The Doha classification categorizes groin pain as adductor-, iliopsoas-, inguinal-, or pubic-related, while recognizing hip-related and other causes separately.

Femoroacetabular impingement (FAI) syndrome should be diagnosed only when symptoms, clinical signs, and imaging findings are present together. Cam or Pincer morphology without corresponding symptoms does not establish FAI or independently justify treatment. The flexion-adduction-internal rotation (FADIR) test should be interpreted in the context of the overall clinical assessment rather than used as a stand-alone diagnostic test. Nonoperative management is appropriate for most athletes. Rehabilitation should emphasize modification of provocative loads, restoration of pain-free hip mobility, progressive strengthening of the hip and trunk, neuromuscular control, and correction of sport-specific movement deficits. Surgery may be considered when clinically concordant intra-articular pathology causes persistent pain and functional limitation despite adequate structured rehabilitation. In FAI, hip arthroscopy aims to correct relevant osseous impingement, preserve or repair the labrum, and treat associated chondral pathology. Surgical decisions should reflect symptoms, response to rehabilitation, joint condition, osteoarthritis severity, and functional goals, rather than the isolated presence of cam morphology or a labral tear.

Femoral neck stress fracture must not be missed in athletes with activity-related groin pain. When suspected, weight bearing should be restricted and advanced imaging obtained promptly. Incomplete compression-sided fractures involving less than approximately 50% of the femoral-neck width may be treated with protected weight bearing and

close surveillance, whereas tension-sided, complete, or displaced fractures generally require surgical fixation.

Return to sport should be criteria-based rather than time-based. The athlete should demonstrate pain-free functional motion, adequate hip and trunk strength, satisfactory single-leg control and dynamic balance, and tolerance of progressive running, jumping, cutting, and sport-specific drills. Although a limb-symmetry index of approximately 90% is commonly used, no universally validated return-to-sport battery exists after hip arthroscopy. Overall management should progress from accurate diagnosis and tissue protection to restoration of athletic capacity and safe return to performance.

김성환

학력

중앙대학교 의과대학 학사

중앙대학교 의과대학원 정형외과 석사

중앙대학교 의과대학원 정형외과 박사

한국방송통신대학교 통계학과 석사

주요 경력

Aug. 2018 ~ July.2019 : Visiting Scholar, to Dr. Nicolas Pujol, Centre Hospitalier de Versailles (Center Hospital of Versailles, Le Chesny, France)

March, 2020~ : Associated professor, Department of Orthopedic Surgery, Chung-Ang Univ. Hospital, Seoul. Korea

Journal Positions

Arthroscopy: The Journal of Arthroscopy : Editorial board member BMC musculoskeletal journal: Editorial board member (From :Feb, 2(0F2r3o)m Jan, 2019) 2K0n2e4e) Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy: Editorial board member (From Dec, The Journal of arthroplasty : Elite Reviewer, (From March, 2017)

현재 소속 및 직위

중앙대학교병원 정형외과 부교수

중앙대학교병원 정형외과 과장

중앙대학교병원 기획조정실 부실장

중앙대학교병원 연구중심병원추진부단장

중앙대학교 의과대학 의료인공지능학과 부학장

대표논문

1. Performance of an Artificial Intelligence-Based Software for Automated Kellgren-Lawrence Grading of Knee Osteoarthritis: A Multicenter Cohort Study.Choi BS, Hong SH, Lee HJ, Kim SH. J Arthroplasty. 2026 Feb 4:S0883-5403(26)00104-X. doi: 10.1016/j.arth.2026.01.078.
2. Sarcopenia: how to determine and manage.Chung JY, Kim SG, Kim SH, Park CH.Knee Surg Relat Res. 2025 Mar 17;37(1):12. doi: 10.1186/s43019-025-00265-6.
3. Combined Lateral Extra-articular Tenodesis or Combined Anterolateral Ligament Reconstruction and Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Improves

Knee Sports Injury : How do I treat?

중앙대병원
김성환

Introduction

슬개건 손상은 반복적인 점프와 착지에 따른 만성 과사용 통증부터 신전기전의 기능 소실을 동반하는 완전 파열까지 다양한 형태로 나타난다. 흔히 사용하는 patellar tendinitis라는 표현보다는 만성 통증과 부하 내성 저하를 포괄하는 patellar tendinopathy가 적절하다. 치료 방향은 통증의 정도만으로 정하지 않고, 건의 연속성, 능동 신전 기능, 조직의 질, 손상의 만성도와 운동 요구도를 함께 고려해야 한다.[1,2] 본 강의는 슬개건 건병증, 급성 완전 파열, 만성 파열의 세 증례 유형을 중심으로 보존적 치료에서 봉합술과 보강술, 재건술 및 스포츠 복귀까지 이어지는 임상 의사결정을 제시한다.

1. Patellar tendinopathy

첫 번째 증례의 핵심은 반복적인 운동 관련 전방 슬관절 통증에서 정확한 통증 원인을 찾고 건의 부하 내성을 회복하는 것이다. 슬개골 하극 또는 근위 슬개건의 국소 압통과 점프, 착지, 단하지 스쿼트 시 유발되는 통증을 확인하고 슬개대퇴 통증 등과 감별한다. 초음파와 자기공명영상은 건 비후, 구조 변화 및 부분 파열의 평가에 도움이 되지만, 무증상 건에서도 이상 소견이 관찰될 수 있으므로 영상 소견만으로 진단하거나 치료 강도를 결정하지 않는다.[1]

치료는 악화 요인이 되는 훈련량을 조절하면서 점진적 건 부하 운동을 시행하는 데 중점을 둔다. 증상 반응에 따라 등척성 운동에서 등장성 근력 운동 및 고중량 저속 저항운동으로 진행하고, 이후 에너지 저장과 방출을 요구하는 점프·착지 운동 및 종목별 훈련을 추가한다. Breda 등의 무작위배정 시험에서는 점진적 부하 운동군의 24주 Victorian Institute of Sport Assessment – Patella(VISA-P) 점수의 개선이 편심성 운동군보다 컸으며, 보정된 군 간 차이는 9점이었다(95% 신뢰구간 1 – 16).[3] 운동 중 통증뿐 아니라 다음 날 증상과 수행 능력을 확인하면서 부하를 조정한다. Corticosteroid 주사는 단기 증상 개선이 가능하나 장기 효과의 지속성이 부족하며, 단일 platelet-rich plasma(PRP) 주사 역시 운동치료를 병행한 무작위배정시험에서 생리식염수 대비 우월성이 확인되지 않았다.[4,5] 따라서 주사치료가 체계적인 운동치료를 대신하지 않도록 설명하고, 치료 반응은 VISA-P 점수, 통증과 운동 수행으로 추적한다.[1,3]

2. Patellar tendon rupture

두 번째 증례인 급성 완전 파열에서는 신전기전의 조기 복원이 우선이다. 급성 통증과 부종, 촉지되는 건 결손, 능동 신전 또는 하지 직거상 장애를 확인하고, 단순방사선과 초음파 또는 자기공명영상으로 파열 위치와 범위, 슬개골 높이 및 잔존 조직을 평가한다. 기능적 신전기전이 보존된

일부 부분 파열은 보호와 단계적 재활을 고려할 수 있으나, 완전 파열은 조기 수술적 복원이 치료의 중심이다.[2] 부착부 파열에는 골터널 봉합(transosseous repair) 또는 봉합나사를 이용한 재부착을, 건 실질부 파열에는 단단 봉합을 적용할 수 있다.[2]

봉합부 조직이 불량하거나 봉합만으로 안정성이 충분하지 않다고 판단되면 semitendinosus 또는 gracilis 자가건을 이용한 augmentation을 고려한다. 이는 일차 봉합을 보강하는 술식이며, 원래 건의 결손을 이식건으로 연결하는 reconstruction과 구분된다. Hamstring 이식건은 슬개골과 경골의 터널을 통과시키는 등의 방법으로 배치하여 봉합부를 보강할 수 있다.[6,7] 2024년 후향적 비교연구는 생물학적 보강의 잠재적 이점을 보고하였고, 2026년 다기관 연구에서는 hamstring 보강군이 steel wire cerclage군보다 우수한 기능과 낮은 전체 재수술률을 보였다. 다만 재수술률 차이에는 예정된 금속 제거술이 크게 기여하였으며, 비무작위 연구이므로 모든 급성 파열에서 보강이 필수라고 일반화할 수 없다.[6,7]

3.만성 파열에서의 재건술

세 번째 증례에서는 만성 파열로 인한 건 결손과 반흔, 근위부로 이동한 슬개골 및 신전 지연을 고려하여 재건 가능성을 판단한다. 직접 봉합이 어렵다면 ipsilateral semitendinosus ± gracilis 자가건 재건술을 선택지로 제시한다. 수술의 핵심은 반대측 영상 등을 참고하여 슬개골 높이와 건 길이를 회복하고, 이식건을 적절한 긴장으로 고정하여 신전기전을 복원하는 것이다.[7–9] Maffulli 등의 19례 연구에서는 hamstring 재건 후 신전 지연과 기능 점수가 개선되었지만, 이러한 기능 회복을 고강도 스포츠 복귀와 동일시해서는 안 된다.[8] 광범위한 결손이나 자가건 사용의 제약이 있다면 동종건 등 대체 이식재를 고려할 수 있으며, 현재 연구는 소규모 증례군 중심이므로 특정 이식재의 우월성을 단정하기 어렵다.[9]

4. Return to sport after injury

스포츠 복귀는 수술 후 경과 기간에만 의존하지 않고 조직 치유, 기능 회복 및 종목별 요구도를 함께 평가하는 과정이다. 건병증에서는 통증을 감시하면서 근력과 점프 부하를 높일 수 있지만, 파열 봉합·재건 직후에는 치유 중인 건과 이식건의 보호가 우선한다. 특히 만성 재건 문헌에서는 약 6주간 신전 상태의 보호를 적용한 경우가 많아, 급성 봉합 후 재활을 그대로 적용하지 않고 조직 상태와 고정 안정성에 따라 관절운동 및 근력운동의 시점을 조절한다.[2,9]

본 강의에서는 통증과 부종, 완전 능동 신전 및 신전 지연 여부, 관절운동범위, 대퇴사두근의 절대근력과 좌우 차이, 단하지 스쿼트·착지·반복 점프 수행 및 훈련 다음 날의 증상 반응을 종합하여 단계적으로 복귀를 결정하는 접근을 제안한다. 환자의 심리적 준비도와 목표 운동 수준도 함께 논의한다.[3,10] Beranger 등의 급성 파열 조기 봉합 연구에서는 스포츠 복귀율이 94.4%, 손상 전 수준 복귀율이 83%였지만, 손상 전 수준의 스포츠로 돌아가기까지 평균 17개월이 소요되었다.[11] 이는 특정 증례군의 결과로, 일률적인 복귀 일정으로 적용할 수 없다. 훈련 참여, 해당 종목 복귀와 손상 전 경기력 회복을 구분하고, 충분한 종목별 부하 적응을 거쳐 최종 복귀를 결정해야 한다.[10,11]

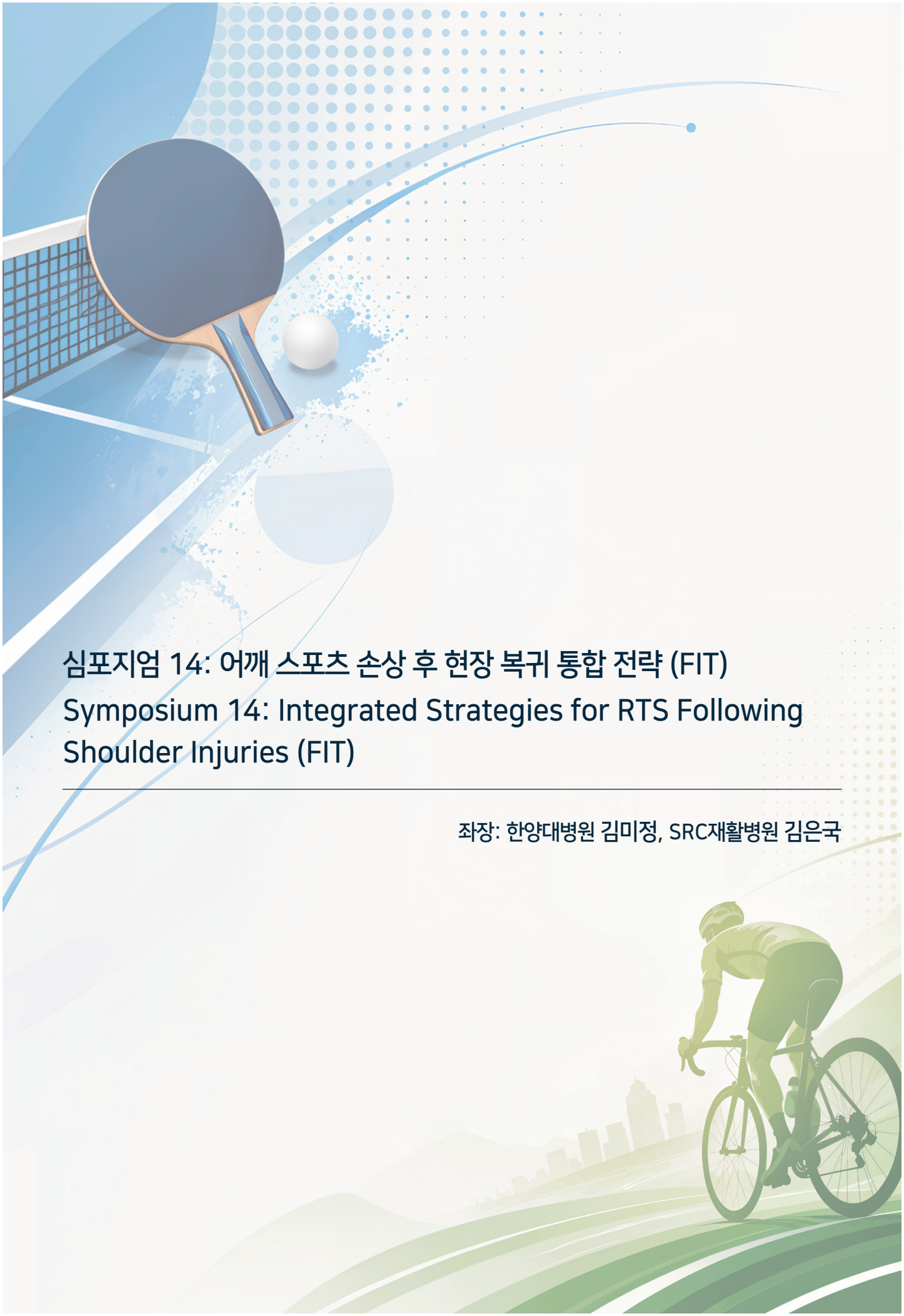
Conclusion

슬개건 손상에서 치료의 출발점은 건의 연속성과 신전기전 기능을 정확히 평가하는 것이다. 건병증에는 부하 조절과 점진적 운동치료를, 급성 완전 파열에는 조기 봉합과 필요에 따른 보강을, 직접 봉합이 어려운 만성 파열에는 hamstring 등을 이용한 재건을 적용한다. 성공적인 치료는 통증 감소와 건의 연속성 회복에 더하여, 환자가 목표로 하는 스포츠 부하와 수행 능력을 회복하도록 돕는 데 있다.

References

1. Malliaras P, Cook J, Purdam C, Rio E. Patellar tendinopathy: clinical diagnosis, load management, and advice for challenging case presentations. J Orthop Sports Phys Ther. 2015;45(11):887–898. doi: 10.2519/jospt.2015.5987

2. Brinkman JC, Reeson E, Chhabra A. Acute patellar tendon ruptures: an update on management. J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev. 2024;8(4):e24.00060. doi: 10.5435/JAAOSGlobal-D-24-00060
3. Breda SJ, Oei EHG, Zwerver J, et al. Effectiveness of progressive tendon-loading exercise therapy in patients with patellar tendinopathy: a randomised clinical trial. Br J Sports Med. 2021;55(9):501–509. doi: 10.1136/bjsports-2020-103403
4. Kongsgaard M, Kovanen V, Aagaard P, et al. Corticosteroid injections, eccentric decline squat training and heavy slow resistance training in patellar tendinopathy. Scand J Med Sci Sports. 2009;19(6):790–802. doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.00949.x
5. Scott A, LaPrade RF, Harmon KG, et al. Platelet-rich plasma for patellar tendinopathy: a randomized controlled trial of leukocyte-rich PRP or leukocyte-poor PRP versus saline. Am J Sports Med. 2019;47(7):1654–1661. doi: 10.1177/0363546519837954
6. Olivieri R, Laso JI, Franulic N, Muñoz JT, Ugarte J, Innocenti P. Evaluating the impact of biological augmentation on failure rates and complications in acute patellar tendon rupture surgery compared with isolated repair. Orthop J Sports Med. 2024;12(11):23259671241288848. doi: 10.1177/23259671241288848
7. Sempere P, Patel R, Germon V, et al. Autograft augmentation of patellar tendon rupture allows better functional outcomes and less reoperation than steel wire cerclage. Orthop J Sports Med. 2026;14(4):23259671261424928. doi: 10.1177/23259671261424928
8. Maffulli N, Del Buono A, Loppini M, Denaro V. Ipsilateral hamstring tendon graft reconstruction for chronic patellar tendon ruptures: average 5.8-year follow-up. J Bone Joint Surg Am. 2013;95(17):e1231–e1236. doi: 10.2106/JBJS.L.01462
9. Hahn AK, Coladonato C, Corvi JJ, et al. Outcomes and complications following chronic patellar tendon repair: a systematic review. Cureus. 2023;15(7):e41713. doi: 10.7759/cureus.41713
10. Ardern CL, Glasgow P, Schneiders A, et al. 2016 Consensus statement on return to sport from the First World Congress in Sports Physical Therapy, Bern. Br J Sports Med. 2016;50(14):853–864. doi: 10.1136/bjsports-2016-096278
11. Beranger JS, Kajetanek C, Bayoud W, Pascal-Mousselard H, Khiami F. Return to sport after early surgical repair of acute patellar tendon ruptures. Orthop Traumatol Surg Res. 2020;106(3):503–507. doi: 10.1016/j.otsr.2020.01.010



심포지엄 14: 어깨 스포츠 손상 후 현장 복귀 통합 전략 (FIT)

Symposium 14: Integrated Strategies for RTS Following Shoulder Injuries (FIT)

좌장: 한양대병원 김미정, SRC재활병원 김은국

김수용

학력

부산가톨릭대학교 물리치료학과 학사

인제대학교 일반대학원 물리치료학과 석사

인제대학교 일반대학원 물리치료학과 박사

주요 경력

현)대한스포츠과학운동의학회 연구이사

현)생활체육지도자 2급 연수 강사

현)건강운동관리사 연수 강사

현)대한체력코치협회 연수 강사

전)국립부경대학교 겸임교수

현재 소속 및 직위

양산부산대학교병원 물리치료실 실장

대표논문

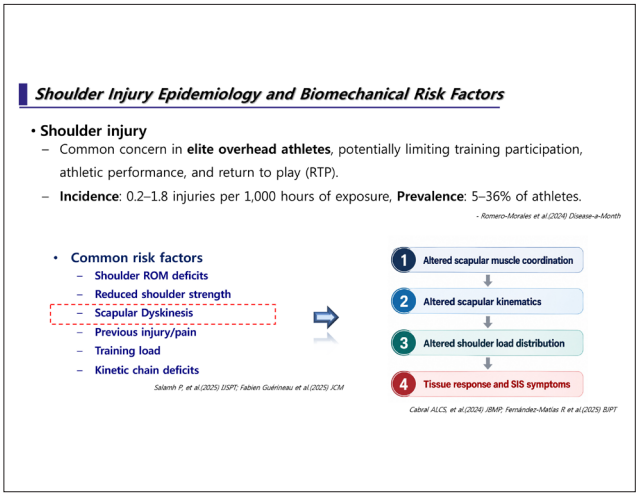
1. TG Kim, YH Kim, Rui Ma, SY Kim. Scapula position test reliability and comparisons of scapula position and shoulder function among individuals with and without adolescent idiopathic scoliosis. Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation. 2024;37(6):1519-1528.
2. Effects of non-elastic taping on the kinematics of the lower extremities during overhead squat in subjects with dynamic knee valgus. Isokinetics Exercise and Science. 2024;32(2):163-170.
3. Jung CH, Shin YI, An DI, et al. Effects of gastrocnemius stretching with talus-stabilizing taping on ankle dorsiflexion and balance in individuals with limited ankle dorsiflexion: A randomized controlled trial. Isokinetics Exercise and Science. 2022;30():135-143.

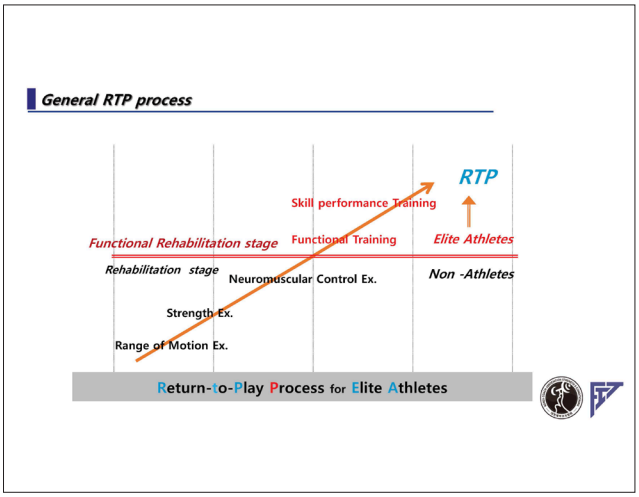
RTP를 위한 FIT 전략: 어깨 부상 이후

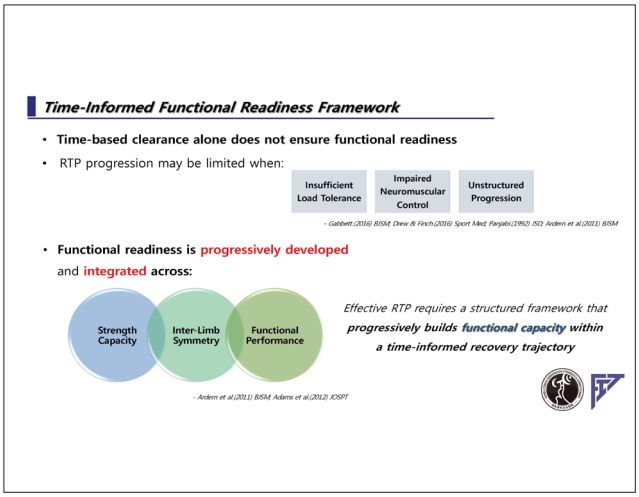
양산부산대병원

김수용









Conceptual Foundations for Structured Progressive RTP

- **Rehabilitation-to-Performance Progression Models**
  - ✓ *Tissue Recovery → Strength / Capacity → Functional Control → Return to Sport*
  - → This staged progression reflects the *transition* from **biological healing** to **sport-specific** readiness, emphasizing **progressive load** exposure and **performance preparation**

-Myer(2006) JOSPT; Buckthorpe(2019) Sprots Med

- **Motor Control & Stability Models**
  - ✓ *Mobility → Stability → Controlled mobility → Skill*
  - → Stability evolves through integrated **passive, active,** and **neural subsystems**, reinforcing that *functional control* **develops progressively** prior to complex sport performance

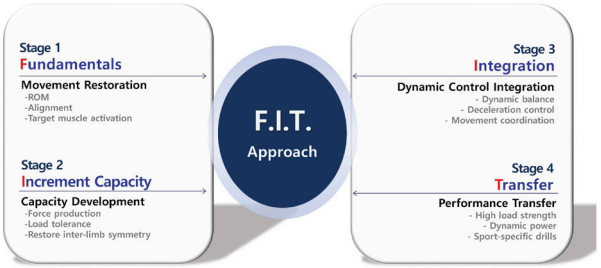
-Panjabi(1992) JSD; Shumway-Cook & Woollacott(2017)

- **Strength & Conditioning Hierarchy**
  - ✓ *Mobility → Stability → Strength → Power → Skill*
  - → **Physical capacity** development follows a *structured sequence,* **supporting the need for progressive integration within RTP**

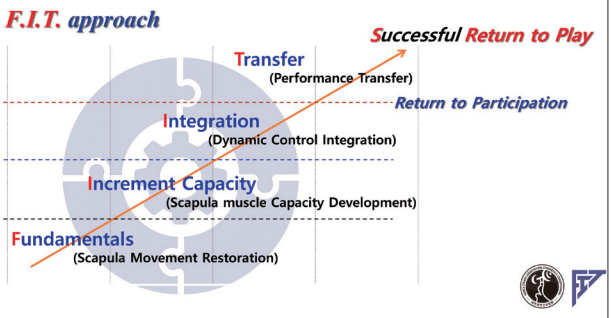
-NSCA(2016)

Functional Integrated Training

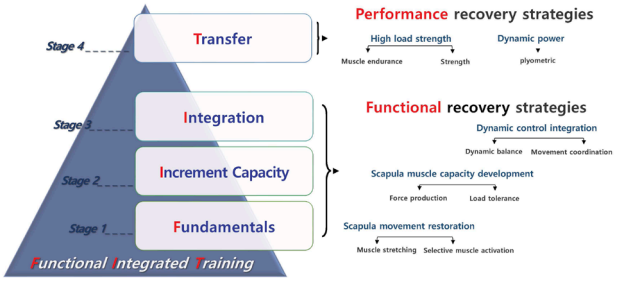
A structured, stage-based framework for RTP progression



Functional Integrated Training



FIT Program for Return to Sport After shoulder Injury



대한스포츠의학회 제 69차 추계학술대회

어깨 스포츠 손상 후 현장 복귀를 위한 통합 전략: 기능적 통합 트레이닝

RTP를 위한 기능 회복전략

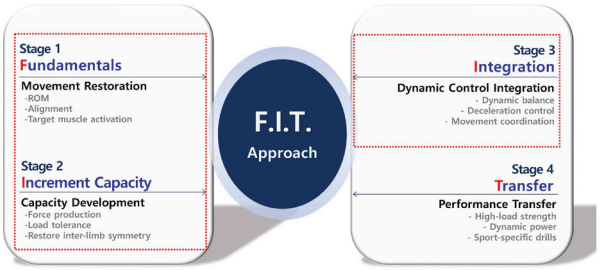
Functional Recovery Training for Return to Play

김해대학교 물리치료학과
유일영

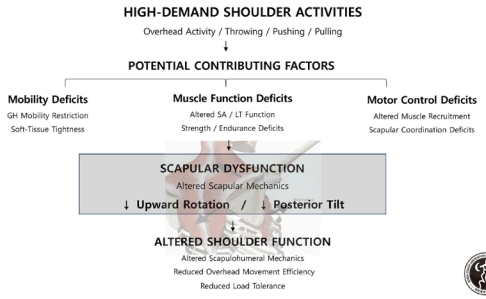
FITsyn

Functional Integrated Training

A structured, stage-based framework for RTP progression

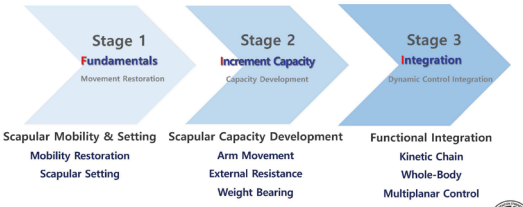


A Movement-Based Model of Scapular Dysfunction



Scapular Functional Training

A FIT-Based Exercise Progression for Scapular Dysfunction



Scapular Mobility & Setting
Mobility Restoration
Scapular Setting

Scapular Capacity Development
Arm Movement
External Resistance
Weight Bearing

Functional Integration
Kinetic Chain
Whole-Body
Multiplanar Control

Stage 1. Fundamentals

- *Scapular Mobility Restoration*



Levator scapulae stretching

- **Purpose** :
  - Improve scapular mobility
  - Reduce restriction to scapular upward rotation
- **Method**
  - Flex and rotate the neck away from the target side
  - Maintain a gentle stretch without elevating the shoulder



Pectoralis minor stretching

- **Purpose** :
  - Improve scapular mobility
  - Reduce soft-tissue restrictions affecting scapular posterior tilt
- **Method**
  - Stabilize the chest with the contralateral hand
  - Rotate the trunk by lowering both knees to the opposite side

Stage 1. Fundamentals

- *Scapular Setting*



Scapular setting with tactile feedback

- **Purpose** :
  - Improve awareness of scapular position
- **Method**
  - Establish scapular positioning using tactile feedback



Dynamic scapular setting

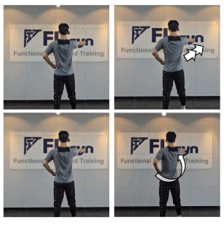
- **Purpose** :
  - Develop active scapular control
- **Method**
  - Perform controlled scapular movements while minimizing upper-arm movement

Stage 2. Increment Capacity

- *Scapular Capacity Development with Arm Movement*

Scaption Serratus Punch

- **Purpose** :
  - Increase serratus anterior force demand during arm movement
  - Promote scapular upward rotation
- **Method** :
  - Elevate the arm in the scapular plane
  - Perform a forward punch
  - Add controlled trunk rotation as a variation
- **Clinical tips** :
  - Maintain trunk alignment
  - Avoid excessive shoulder shrugging

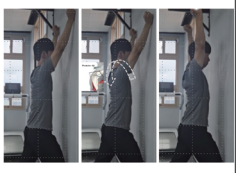


Stage 2. Increment Capacity

- *Scapular Capacity Development with Arm Movement*

Wall Arm Elevation with Lift-Off

- **Purpose** :
  - Increase scapular muscle demand during overhead elevation
  - Facilitate scapular posterior tilt at end range
- **Method** :
  - Promote scapular posterior tilt during arm elevation
  - Lift the arms away from the wall while maintaining scapular control
- **Clinical tips** :
  - Maintain trunk alignment
  - Avoid excessive shoulder shrugging

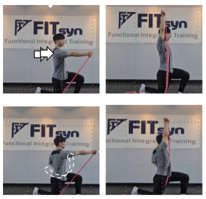


Stage 2. Increment Capacity

- *Scapular Capacity Development with Resistance*

Band-Resisted Serratus Punch Progression

- **Purpose** :
  - Increase scapular load tolerance under resistance
  - Increase scapular muscle demand during arm elevation
- **Method** :
  - Perform a forward punch against band resistance
  - Progress by adding trunk rotation and/or arm elevation
- **Clinical tips** :
  - Avoid excessive shoulder shrugging
  - Avoid excessive trunk compensation

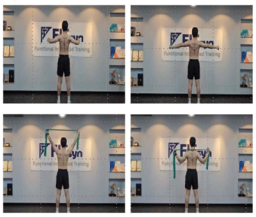


Stage 2. Increment Capacity

- *Scapular Capacity Development with Resistance*

Band-Resisted L-T-Y-to-W Progression

- **Purpose** :
  - Increase posterior scapular muscle contribution
  - Increase scapular load tolerance under resistance
  - Increase muscular demand across different arm positions
- **Method** :
  - Perform L, T, Y-to-W movements through the available range
  - Return slowly to the starting position
- **Clinical tips** :
  - Avoid excessive shoulder shrugging
  - Maintain trunk alignment



Stage 2. Increment Capacity

- *Scapular Capacity Development with Weight Bearing*

Progressive Weight-Bearing Scapular Loading

- **Purpose** :
  - Increase upper-extremity weight-bearing capacity
  - Increase scapular load tolerance
  - Progress scapular demand with increased body-weight loading
- **Method** :
  - Maintain a scapular punch on the supporting side
  - Lift the contralateral arm forward or laterally
  - Progress to forearm plank with sustained scapular loading
- **Clinical tips** :
  - Avoid scapular winging and excessive shoulder shrugging
  - Maintain trunk alignment

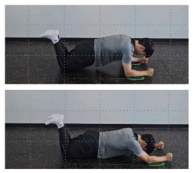


Stage 2. Increment Capacity

- *Scapular Capacity Development with Weight Bearing*

Forearm Plank with Bilateral Arm Slide

- **Purpose** :
  - Increase dynamic scapular load tolerance
  - Increase scapular muscle demand during bilateral arm movement
  - Develop scapular loading capacity under changing lever-arm demands
- **Method** :
  - Begin in a forearm plank with both forearms on sliders
  - Slide both arms forward simultaneously
  - Return to starting position in a controlled manner
- **Clinical tips** :
  - Avoid scapular winging and excessive shoulder shrugging
  - Maintain trunk and pelvic alignment



Stage 3. Integration

- *Kinetic Chain Integration*

Diagonal Upper-Extremity Pattern

- **Purpose** :
  - Increase kinetic-chain contribution to U/E movement
  - Develop intersegmental movement coordination
- **Method** :
  - Perform a diagonal U/E pattern against band resistance
  - Progress from supine to standing
  - Progress by incorporating external resistance and dynamic L/E movements
- **Clinical tips** :
  - Maintain smooth scapular movement throughout the pattern
  - Avoid excessive trunk compensation



Stage 3. Integration

- *Whole-Body Integration*

Kettlebell Hold with Forward Lunge

- **Purpose** :
  - Integrate shoulder stability with L/E movement
  - Develop whole-body movement coordination
- **Method** :
  - Hold the kettlebell at 90° shoulder flexion
  - Perform a controlled forward lunge
  - Progress to an overhead hold during the lunge
- **Clinical tips** :
  - Maintain controlled shoulder positioning during movement
  - Maintain scapular stability throughout the movement
  - Maintain trunk and L/E alignment



Stage 3. Integration

- *Multiplanar Dynamic Shoulder Control*

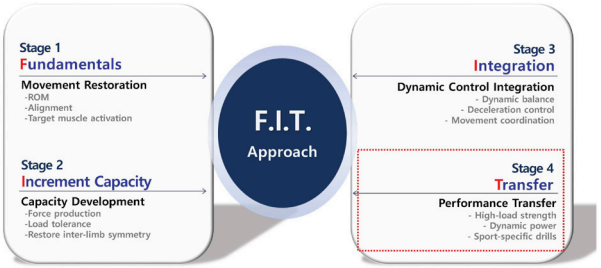
Oscillating Blade Progression



- **Purpose** :
  - Develop multiplanar shoulder control
  - Enhance dynamic shoulder stability under oscillatory loading
  - Integrate shoulder control into dynamic overhead movements
- **Method** :
  - Initiate bilateral blade oscillations during arm elevation
  - Progress to unilateral oscillations
  - Perform overhead movement patterns while maintaining blade oscillation
- **Clinical tips** :
  - Avoid excessive shoulder shrugging and trunk compensation
  - Adjust oscillation amplitude and speed according to movement quality

Functional Integrated Training

A structured, stage-based framework for RTP progression



대한스포츠의학회 제 69차 추계학술대회

어깨 스포츠 손상 후 현장 복귀를 위한 통합 전략: 기능적 통합 트레이닝

RTP를 위한 경기력 회복전략

Performance Recovery Strategies for Return to Play

요넥스 배드민턴 선수단
최명훈

FITsyn

High load functional training

Restoration of **strength** and **power**

↓

Adaptation to **high loads** in sport situations

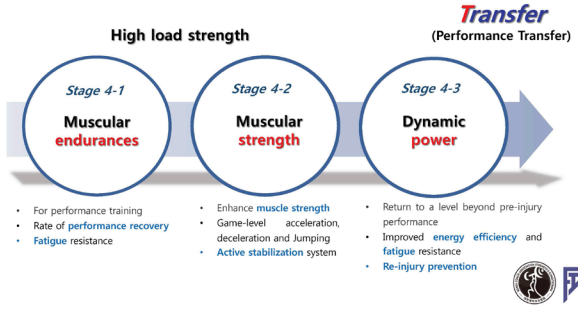
↓

Improved tissue **load tolerance**

↓

Reduced risk of **re-injury**

High-Load Functional Training



- For performance training
- Rate of **performance recovery**
- **Fatigue** resistance
- Enhance **muscle strength**
- Game-level acceleration, deceleration and Jumping
- **Active stabilization** system
- Return to a level beyond pre-injury performance
- Improved **energy efficiency** and **fatigue** resistance
- **Re-injury prevention**

Stage 4-1. Transfer_High load strength (endurance)

- *DRIVER / Can Crusher / Monster*

Purpose :

- Improve muscular endurance in shoulder flexion, internal rotation, and external rotation



Method :

- Repeat turning motion left and right using a plate or a weighted small implement, as if turning a steering wheel Minimize trunk rotation involvement

Clinical Tips :

- Perform with the elbows slightly bent
- Key point is to maintain the shoulders at 90-degree flexion
- Utilize the maximum tension range of the rotator cuff (60–90°)

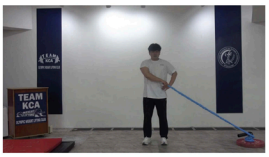
Stage 4-1. Transfer_High load strength (endurance)

- **Cable external rotation**

Purpose :
- Shoulder external rotation in a diagonal pattern

Method :
- Induce shoulder external rotation using a cable while maintaining trunk stability.

Clinical Tip:
- Induce shoulder flexion movement.
- Understand the diagonal position of the cable.
- Understand the synergy pattern of shoulder external rotation.
- Induce neuromuscular learning of the movement pattern.



Stage 4-1. Transfer_High load strength (endurance)

- **Front full raise**

Purpose :
- Improve shoulder coordination and muscular endurance

Method :
- Perform the shoulder press movement while maintaining the balance of the barbell

Clinical Tip :
- Start with a shorter barbell
- Adjust intensity by changing the base of support



Stage 4-2. Transfer_High load strength (strength)

- **Shrug & shoulder pull**

Purpose :
Strengthening upper trapezius and shoulder muscles

Method :
- Induce the earlobes and shoulders to move closer together

Clinical Tip :
- Balanced strengthening of the upper trapezius is key to generating strong force
- Follow up sufficient muscle strength with rhythm training





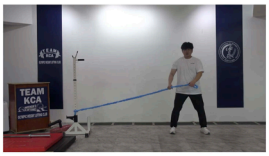
Stage 4-2. Transfer_High load strength (strength)

- **Chopping & Power Driver**

Purpose :
- Coordination of shoulder and core at high speed

Method :
- Explained during practical execution

Clinical Tip :
- Prevent double movements (ensure smooth single execution)
- Check position and direction after performing the movement



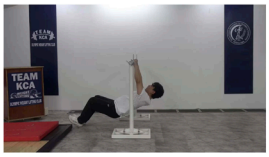
Stage 4-2. Transfer_High load strength (strength)

- **Inverted Row**

Purpose :
- Focus on scapular adduction (retraction)

Method :
- Perform the rowing movement in a closed position

Clinical Tip :
- Induce scapular adduction using an underhand grip
- Adjust intensity according to height/level



Stage 4-2. Transfer_High load strength (strength)

- **Unbalance shoulder press & Overhead squat**

Purpose :
- Improve stronger shoulder coordination and muscle strength

Method :
- Perform shoulder press movement while maintaining barbell balance

Clinical Tip :
- Can be used as a selective strengthening exercise
- Increases stability against heavy loads



Stage 4-2. Transfer_High load strength (strength)

- ***Snatch balance***

Purpose:
- Improve overhead stability and dynamic speed in the catch position



Method:
- Start with the barbell behind the neck, quickly drop into a deep squat position while pressing the bar straight overhead, and lock out with a stable stance.

Clinical Tip:
- Focus on explosive speed under the bar rather than pushing the weight up with the legs.
- Ensure proper shoulder mobility and core stability before applying heavy loads

파워 (전환) 트레이닝

Phase 5 - (1) 파워 트레이닝

구분	운동내용
부하강도: 순환 운동 / 비 순환 운동	30-50% / 50-80%
운동의 수	2-4 (5)
세트당 반복 횟수	4-10
운동종목당 세트 수	3-6
휴식 인터벌	2-6분
리듬/수행속도	역동적/빠르게
주당 빈도	2-3회

(1) 파워 트레이닝

파워 (전환) 트레이닝

Phase 5 - (2) 단성(투사) 트레이닝

구분	운동내용
부하 강도	표준무게 선택: 메디신볼 2-6kg / 덤벨 10-32kg
운동의 수	2-5
세트당 반복 횟수	10-20
운동종목당 세트수	3-5
휴식 인터벌	2-3분
리듬/수행속도	폭발적
주당 빈도	2-4회

(2) 단성(투사) 트레이닝

파워 지구력 트레이닝

Phase 5 - Power Endurance

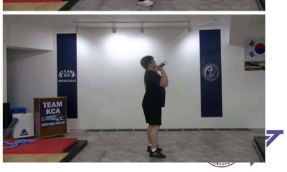
구분	운동내용
부하강도	70-85%
운동의 수	2-3
세트당 반복 횟수	15-30
운동종목당 세트수	2-4
휴식 인터벌	8-10분
리듬/수행속도	역동적/아주 빠르게
주당 빈도	2-3회

Stage 4-3. Transfer_Dynamic power

- **Barbell Jerk & Snatch**

Purpose :
- Improve bilateral explosive movement and reactive control





Method :
- Catch and support the lifted weight with the body

Clinical Tip :
- Ensure the movement is performed in a single fluid motion
- Cannot be performed using shoulder movement alone

Stage 4-3. Transfer_Dynamic power

- **Standing Barbell balance shoulder press Variation**

Purpose :
- Unilateral peak power and postural control

Method :
- Perform the shoulder press movement rapidly while maintaining the balance of the barbell

Clinical Tip :
- Lower extremity stability and shoulder stability must be accompanied
- Various movements and the shoulder press movement must be performed as a single continuous action



Stage 4-3. Transfer_Dynamic power

- **Overhead throw variation**





Purpose :
- Improve power in explosive movements

Method :
- Throw forcefully after performing overhead movements during various dynamic movements

Clinical Tip :
- Stability of the base of support must be ensured
- Strong force cannot be generated by shoulder strength alone

유일영

학력

울산과학대학교 물리치료학과 학사

인제대학교 일반대학원 물리치료학과 물리치료학 석사

인제대학교 일반대학원 재활과학과 이학박사

주요 경력

현) 김해대학교 물리치료학과 교수

전) 국립부경대학교 스포츠과학연구소 전임연구원 및 스마트헬스케어학부 연구교수

전) 좋은삼선병원 스포츠운동치료센터

2024-2025 주니어 스피드스케이팅 월드컵 및 세계선수권대회 전담 의무 트레이너

대한스포츠의학회 SAT 교육과정 코어운동·테이핑 실습 보조강사 및 체육지도자·건강운동관리사 연수과정 교육강사

현재 소속 및 직위

김해대학교 물리치료학과 조교수

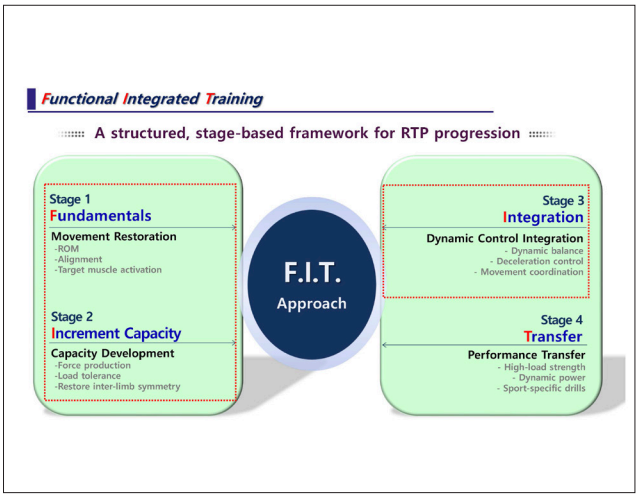
대표논문

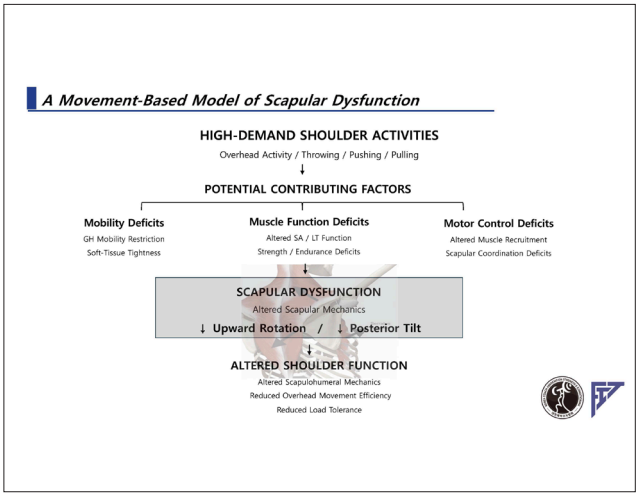
1. Yu I, Kang M. Effects of additional scapular movements on the scapular muscle activity during arm raising. International Journal of Sports Medicine. 2025;46(5):366-371.
2. Yu IY, Kang MH. Influence of scapular motion cues on trapezius muscle activity during Y exercise. Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation. 2023;36(5):1171–1178.
3. Kim TG, Ma R, Yu IY. A study of effective exercise methods and resistance intensity for selective strengthening of the infraspinatus muscle. Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation. 2025;38(2):304–313.

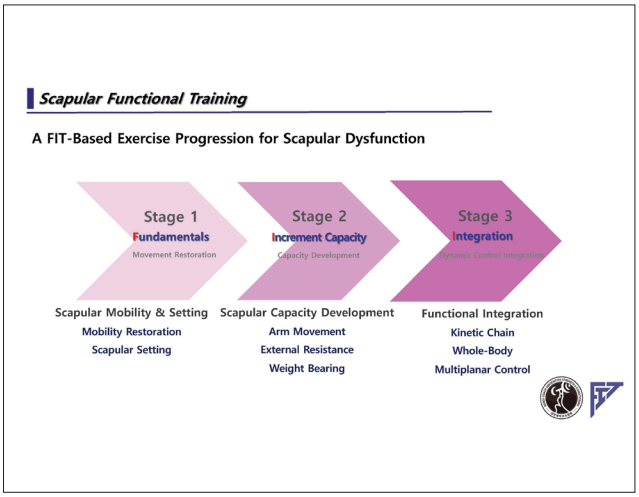
RTP를 위한 기능 회복 전략

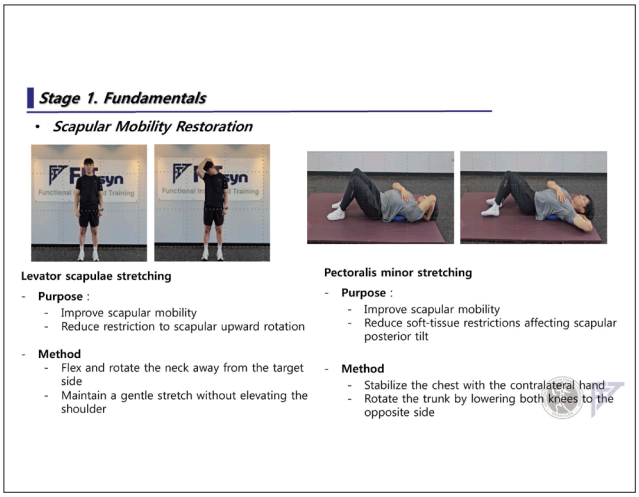
국립부경대 스포츠과학연구소

유일영









Stage 1. Fundamentals

- *Scapular Setting*



Scapular setting with tactile feedback

- **Purpose** :
  - Improve awareness of scapular position
- **Method**
  - Establish scapular positioning using tactile feedback



Dynamic scapular setting

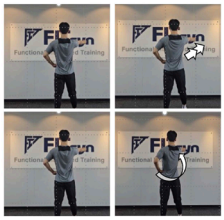
- **Purpose** :
  - Develop active scapular control
- **Method**
  - Perform controlled scapular movements while minimizing upper-arm movement

Stage 2. Increment Capacity

- *Scapular Capacity Development with Arm Movement*

Scaption Serratus Punch

- **Purpose** :
  - Increase serratus anterior force demand during arm movement
  - Promote scapular upward rotation
- **Method** :
  - Elevate the arm in the scapular plane
  - Perform a forward punch
  - Add controlled trunk rotation as a variation
- **Clinical tips** :
  - Maintain trunk alignment
  - Avoid excessive shoulder shrugging

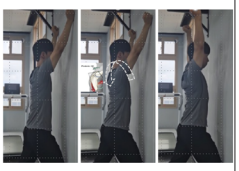


Stage 2. Increment Capacity

- *Scapular Capacity Development with Arm Movement*

Wall Arm Elevation with Lift-Off

- **Purpose** :
  - Increase scapular muscle demand during overhead elevation
  - Facilitate scapular posterior tilt at end range
- **Method** :
  - Promote scapular posterior tilt during arm elevation
  - Lift the arms away from the wall while maintaining scapular control
- **Clinical tips** :
  - Maintain trunk alignment
  - Avoid excessive shoulder shrugging



Stage 2. Increment Capacity

- *Scapular Capacity Development with Resistance*

Band-Resisted Serratus Punch Progression

- **Purpose** :
  - Increase scapular load tolerance under resistance
  - Increase scapular muscle demand during arm elevation
- **Method** :
  - Perform a forward punch against band resistance
  - Progress by adding trunk rotation and/or arm elevation
- **Clinical tips** :
  - Avoid excessive shoulder shrugging
  - Avoid excessive trunk compensation

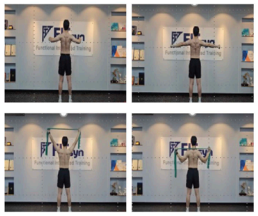


Stage 2. Increment Capacity

- *Scapular Capacity Development with Resistance*

Band-Resisted L-T-Y-to-W Progression

- **Purpose** :
  - Increase posterior scapular muscle contribution
  - Increase scapular load tolerance under resistance
  - Increase muscular demand across different arm positions
- **Method** :
  - Perform L, T, Y-to-W movements through the available range
  - Return slowly to the starting position
- **Clinical tips** :
  - Avoid excessive shoulder shrugging
  - Maintain trunk alignment



Stage 2. Increment Capacity

- *Scapular Capacity Development with Weight Bearing*

Progressive Weight-Bearing Scapular Loading

- **Purpose** :
  - Increase upper-extremity weight-bearing capacity
  - Increase scapular load tolerance
  - Progress scapular demand with increased body-weight loading
- **Method** :
  - Maintain a scapular punch on the supporting side
  - Lift the contralateral arm forward or laterally
  - Progress to forearm plank with sustained scapular loading
- **Clinical tips** :
  - Avoid scapular winging and excessive shoulder shrugging
  - Maintain trunk alignment

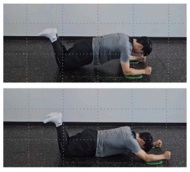


Stage 2. Increment Capacity

- *Scapular Capacity Development with Weight Bearing*

Forearm Plank with Bilateral Arm Slide

- **Purpose** :
  - Increase dynamic scapular load tolerance
  - Increase scapular muscle demand during bilateral arm movement
  - Develop scapular loading capacity under changing lever-arm demands
- **Method** :
  - Begin in a forearm plank with both forearms on sliders
  - Slide both arms forward simultaneously
  - Return to starting position in a controlled manner
- **Clinical tips** :
  - Avoid scapular winging and excessive shoulder shrugging
  - Maintain trunk and pelvic alignment



Stage 3. Integration

- *Kinetic Chain Integration*

Diagonal Upper-Extremity Pattern

- **Purpose** :
  - Increase kinetic-chain contribution to U/E movement
  - Develop intersegmental movement coordination
- **Method** :
  - Perform a diagonal U/E pattern against band resistance
  - Progress from supine to standing
  - Progress by incorporating external resistance and dynamic L/E movements
- **Clinical tips** :
  - Maintain smooth scapular movement throughout the pattern
  - Avoid excessive trunk compensation



Stage 3. Integration

- *Whole-Body Integration*

Kettlebell Hold with Forward Lunge

- **Purpose** :
  - Integrate shoulder stability with L/E movement
  - Develop whole-body movement coordination
- **Method** :
  - Hold the kettlebell at 90° shoulder flexion
  - Perform a controlled forward lunge
  - Progress to an overhead hold during the lunge
- **Clinical tips** :
  - Maintain controlled shoulder positioning during movement
  - Maintain scapular stability throughout the movement
  - Maintain trunk and L/E alignment



Stage 3. Integration

- *Multiplanar Dynamic Shoulder Control*

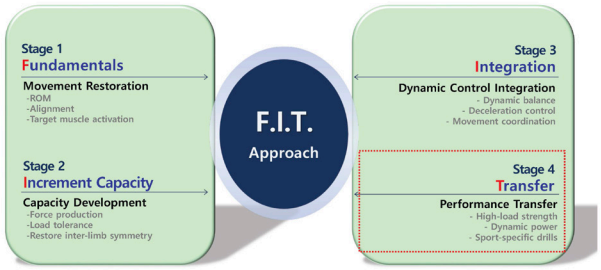
Oscillating Blade Progression

- **Purpose** :
  - Develop multiplanar shoulder control
  - Enhance dynamic shoulder stability under oscillatory loading
  - Integrate shoulder control into dynamic overhead movements
- **Method** :
  - Initiate bilateral blade oscillations during arm elevation
  - Progress to unilateral oscillations
  - Perform overhead movement patterns while maintaining blade oscillation
- **Clinical tips** :
  - Avoid excessive shoulder shrugging and trunk compensation
  - Adjust oscillation amplitude and speed according to movement quality



Functional Integrated Training

A structured, stage-based framework for RTP progression



최명훈

학력

동남보건대학교 물리치료과 전문학사

대림대학교 영어과 전문학사

JacksonState University, Mississippi, USA 중퇴

주요 경력

現) 요넥스 배드민턴 선수단 수석 트레이너 (물리치료사)

現) 대한체력코치협회 선수퍼포먼스향상팀 팀장

現) 대한스포츠컨디셔닝협회 임원

前) 라켓보이즈, 국대는 국대다, 미운우리 새끼 TV프로그램 촬영 스텝

前) 스페셜올림픽코리아 총괄 트레이너

前) 축구, 농구, 럭비, 태권도, 프로 격투, 육상, 우슈팀 등 다수 관리

문화체육부장관상 수상 (트레이너 부문)

대한체육회장상 수상 (스포츠인권 지도자 부문)

현재 소속 및 직위

요넥스 배드민턴 선수단 트레이너

대표논문

쉽게 따라하는 스포츠 테이핑 공동 저자

RTP를 위한 경기력 회복 전략

요넥스 배드민턴팀

최명훈

High load functional training

- Restoration of strength and power
- Adaptation to high loads in sport situations
- Improved tissue load tolerance
- Reduced risk of re-injury

High-Load Functional Training

High load strength — **Transfer** (Performance Transfer)

Stage 4-1	*Stage 4-2*	*Stage 4-3*
Muscular endurances	**Muscular strength**	**Dynamic power**
• For performance training • Rate of performance recovery • Fatigue resistance	• Enhance muscle strength • Game-level acceleration, deceleration and Jumping • Active stabilization system	• Return to a level beyond pre-injury performance • Improved energy efficiency and fatigue resistance • Re-injury prevention

Stage 4-1. Transfer_High load strength (endurance)

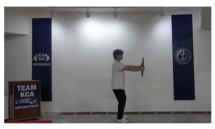
- *DRIVER / Can Crusher / Monster*

Purpose :

- Improve muscular endurance in shoulder flexion, internal rotation, and external rotation

Method :

- Repeat turning motion left and right using a plate or a weighted small implement, as if turning a steering wheel Minimize trunk rotation involvement



Clinical Tips :

- Perform with the elbows slightly bent
- Key point is to maintain the shoulders at 90-degree flexion
- Utilize the maximum tension range of the rotator cuff (60–90°)

Stage 4-1. Transfer_High load strength (endurance)

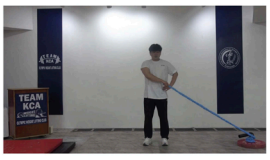
- Cable external rotation

Purpose :

- Shoulder external rotation in a diagonal pattern

Method :

- Induce shoulder external rotation using a cable while maintaining trunk stability.



Clinical Tip:

- Induce shoulder flexion movement.
- Understand the diagonal position of the cable.
- Understand the synergy pattern of shoulder external rotation.
- Induce neuromuscular learning of the movement pattern.

Stage 4-1. Transfer_High load strength (endurance)

- **Front full raise**

Purpose :
- Improve shoulder coordination and muscular endurance

Method :
- Perform the shoulder press movement while maintaining the balance of the barbell

Clinical Tip :
- Start with a shorter barbell
- Adjust intensity by changing the base of support



Stage 4-2. Transfer_High load strength (strength)

- **Shrug & shoulder pull**

Purpose :
Strengthening upper trapezius and shoulder muscles

Method :
- Induce the earlobes and shoulders to move closer together

Clinical Tip :
- Balanced strengthening of the upper trapezius is key to generating strong force
- Follow up sufficient muscle strength with rhythm training





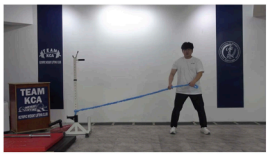
Stage 4-2. Transfer_High load strength (strength)

- **Chopping & Power Driver**

Purpose :
- Coordination of shoulder and core at high speed

Method :
- Explained during practical execution

Clinical Tip :
- Prevent double movements (ensure smooth single execution)
- Check position and direction after performing the movement



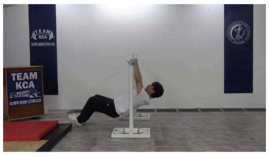
Stage 4-2. Transfer_High load strength (strength)

- **Inverted Row**

Purpose :
- Focus on scapular adduction (retraction)

Method :
- Perform the rowing movement in a closed position

Clinical Tip :
- Induce scapular adduction using an underhand grip
- Adjust intensity according to height/level



Stage 4-2. Transfer_High load strength (strength)

- **Unbalance shoulder press & Overhead squat**

Purpose :
- Improve stronger shoulder coordination and muscle strength

Method :
- Perform shoulder press movement while maintaining barbell balance

Clinical Tip :
- Can be used as a selective strengthening exercise
- Increases stability against heavy loads



Stage 4-2. Transfer_High load strength (strength)

- ***Snatch balance***

Purpose:
- Improve overhead stability and dynamic speed in the catch position

Method:
- Start with the barbell behind the neck, quickly drop into a deep squat position while pressing the bar straight overhead, and lock out with a stable stance.

Clinical Tip:
- Focus on explosive speed under the bar rather than pushing the weight up with the legs.
- Ensure proper shoulder mobility and core stability before applying heavy loads



파워 (전환) 트레이닝

Phase 5 - (1) 파워 트레이닝

구분	운동내용
부하강도: 순환 운동 / 비 순환 운동	30-50% / 50-80%
운동의 수	2-4 (5)
세트당 반복 횟수	4-10
운동종목당 세트 수	3-6
휴식 인터벌	2-6분
리듬/수행속도	역동적/빠르게
주당 빈도	2-3회

(1) 파워 트레이닝

파워 (전환) 트레이닝

Phase 5 - (2) 탄성(투사) 트레이닝

구분	운동내용
부하 강도	표준무게 선택: 메디신볼 2-6kg / 덤벨 10-32kg
운동의 수	2-5
세트당 반복 횟수	10-20
운동종목당 세트수	3-5
휴식 인터벌	2-3분
리듬/수행속도	폭발적
주당 빈도	2-4회

(2) 탄성(투사) 트레이닝

파워 지구력 트레이닝

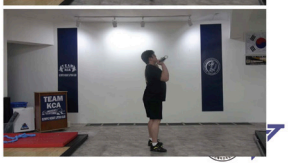
Phase 5 - Power Endurance

구분	운동내용
부하강도	70-85%
운동의 수	2-3
세트당 반복 횟수	15-30
운동종목당 세트수	2-4
휴식 인터벌	8-10분
리듬/수행속도	역동적/아주 빠르게
주당 빈도	2-3회

Stage 4-3. Transfer_Dynamic power

- **Barbell Jerk & Snatch**





Purpose :
- Improve bilateral explosive movement and reactive control

Method :
- Catch and support the lifted weight with the body

Clinical Tip :
- Ensure the movement is performed in a single fluid motion
- Cannot be performed using shoulder movement alone

Stage 4-3. Transfer_Dynamic power

- **Standing Barbell balance shoulder press Variation**

Purpose :
- Unilateral peak power and postural control

Method :
- Perform the shoulder press movement rapidly while maintaining the balance of the barbell

Clinical Tip :
- Lower extremity stability and shoulder stability must be accompanied
- Various movements and the shoulder press movement must be performed as a single continuous action



Stage 4-3. Transfer_Dynamic power

- **Overhead throw variation**





Purpose :
- Improve power in explosive movements

Method :
- Throw forcefully after performing overhead movements during various dynamic movements

Clinical Tip :
- Stability of the base of support must be ensured
- Strong force cannot be generated by shoulder strength alone

The 69th Autumn Conference of Korean Society of Sports Medicine

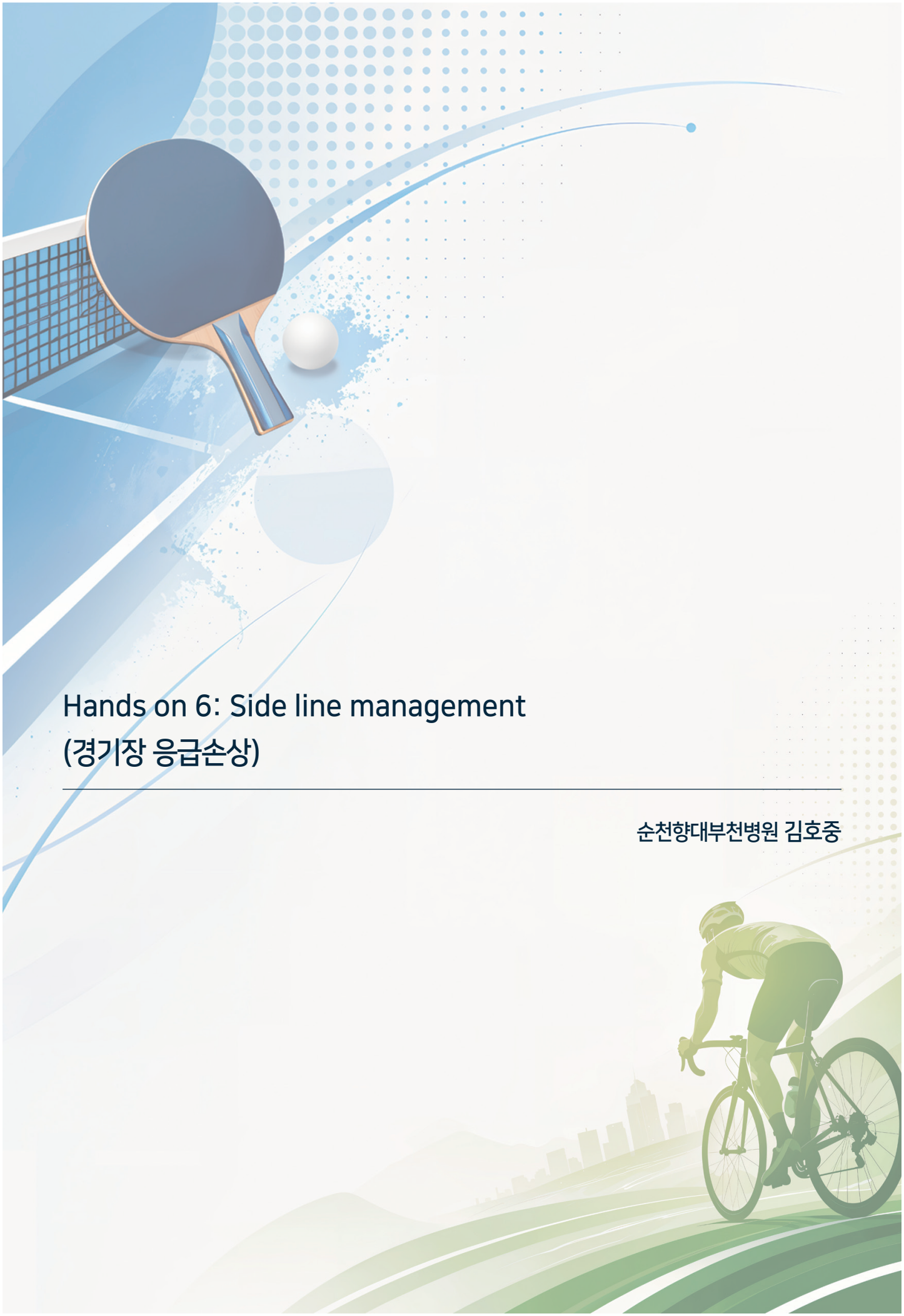
사단법인 대한스포츠의학회

제69차 추계학술대회

11월 1일(일요일)

Room C





Hands on 6: Side line management
(경기장 응급손상)

순천향대부천병원 김호중

두경부 고정과 처치

순천향대부천병원

김호중

전신고정과 이동

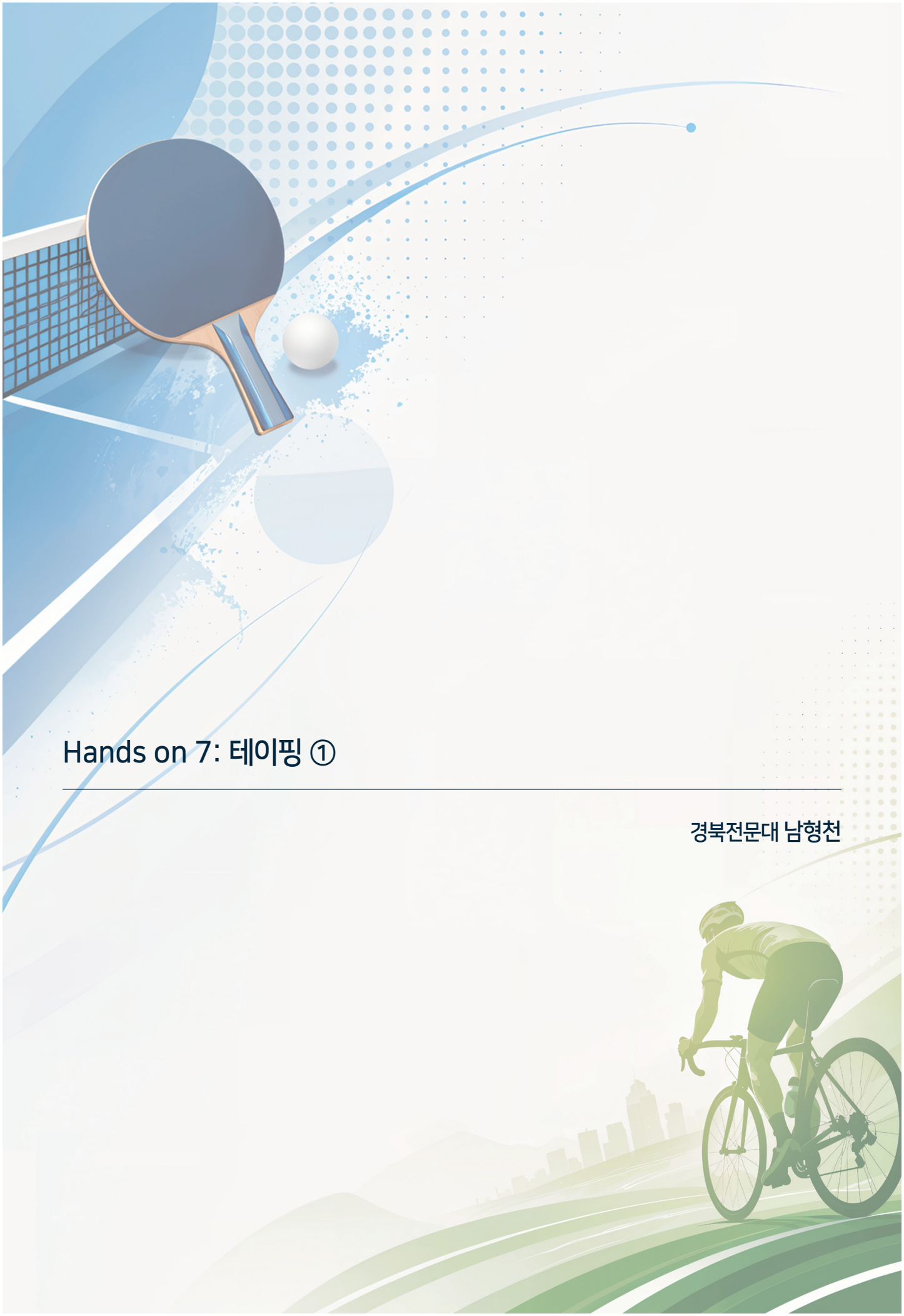
순천향대부천병원

김호중

척추와 사지고정 및 처치

순천향대부천병원

김호중

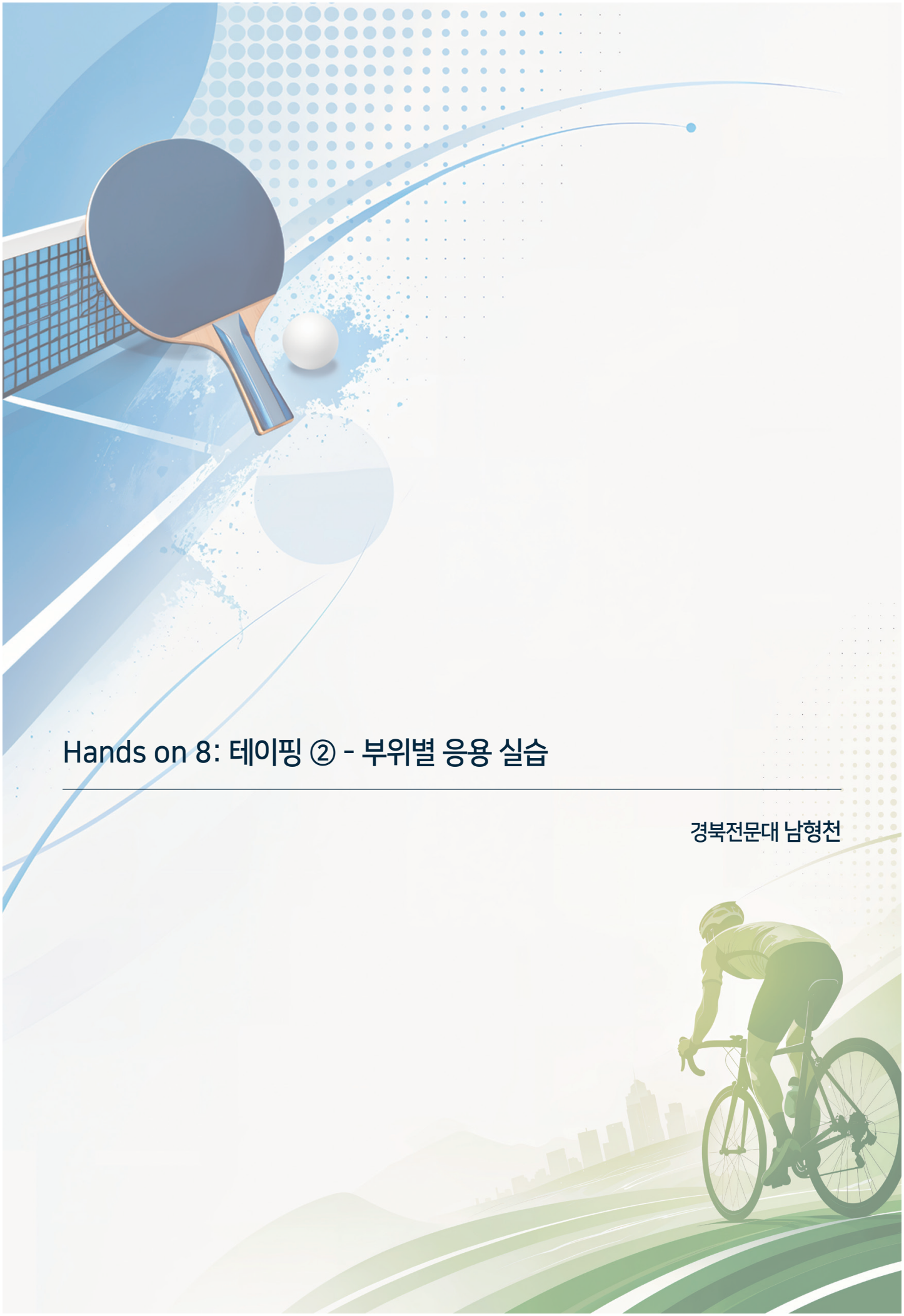


Hands on 7: 테이핑 ①

경북전문대 남형천

테이핑 실습 - 기본

경북전문대
남형천

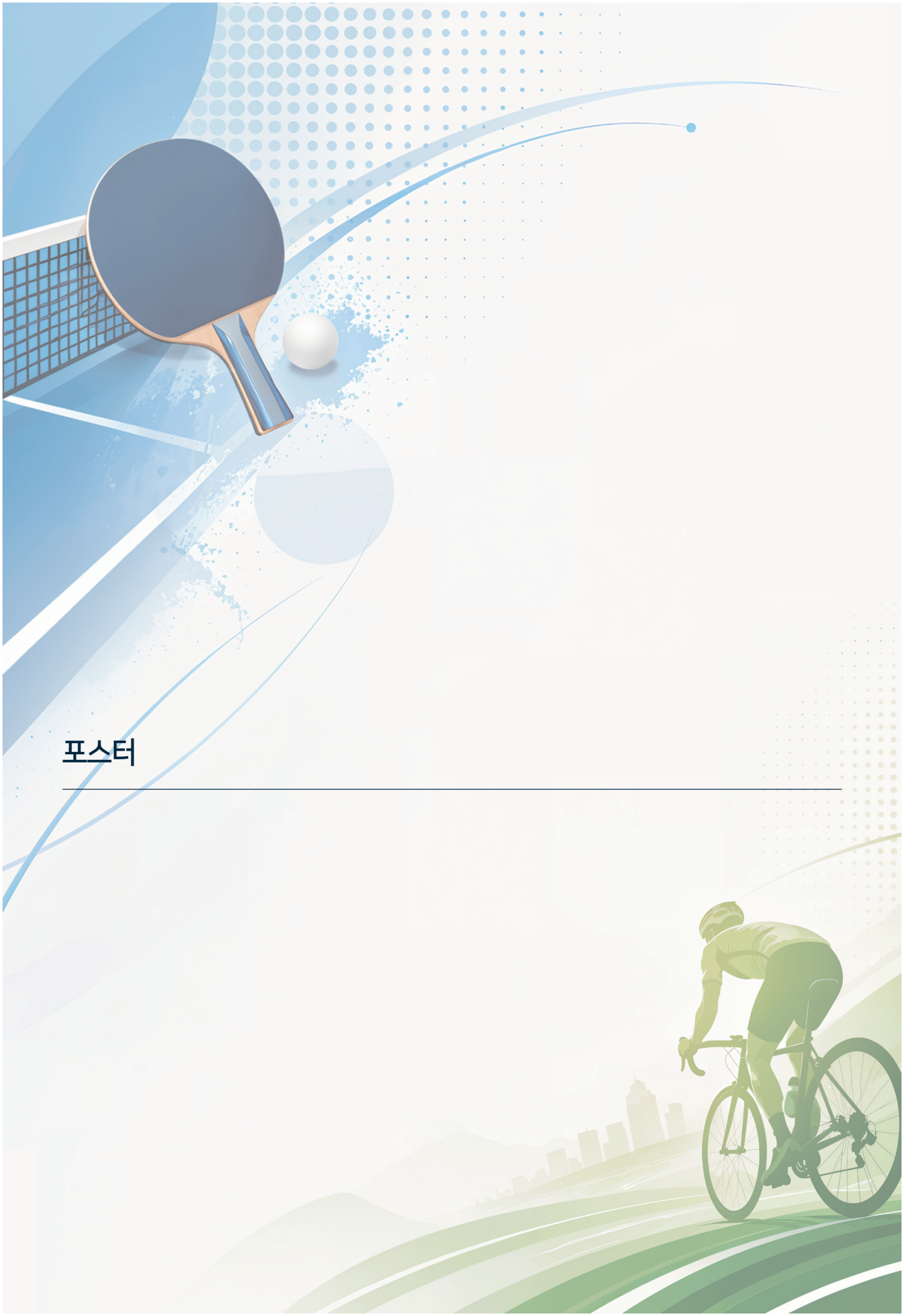


Hands on 8: 테이핑 ② - 부위별 응용 실습

경북전문대 남형천

테이핑 실습 - 부위별 응용

경북전문대
남형천



포스터

From Biomechanics to Neurocognition: Mapping the Evolution of Golf Performance and Sports Medicine Research (2000–2025)3

[1]Department of Adapted physical Education, Dankook University, Republic of Korea
[2]Department of Prescription and Rehabilitation of Exercise, Dankook University, Republic of Korea
Young-ung Kim[1], Gwangyeol Baek[1], Sang jun Cho[1],
Hee jin Han[1], Doohee Jang[2], Yun-A Shin[2*]

Introduction

Golf performance and injury management research have historically relied on isolated biomechanical paradigms. However, modern sports medicine increasingly demands multidimensional frameworks that integrate physical execution with motor learning and neurocognitive regulation. This study conducted a systematic bibliometric analysis to map the intellectual structure, evolutionary trajectories, and clinical-field integration of golf science research over the past 26 years.3

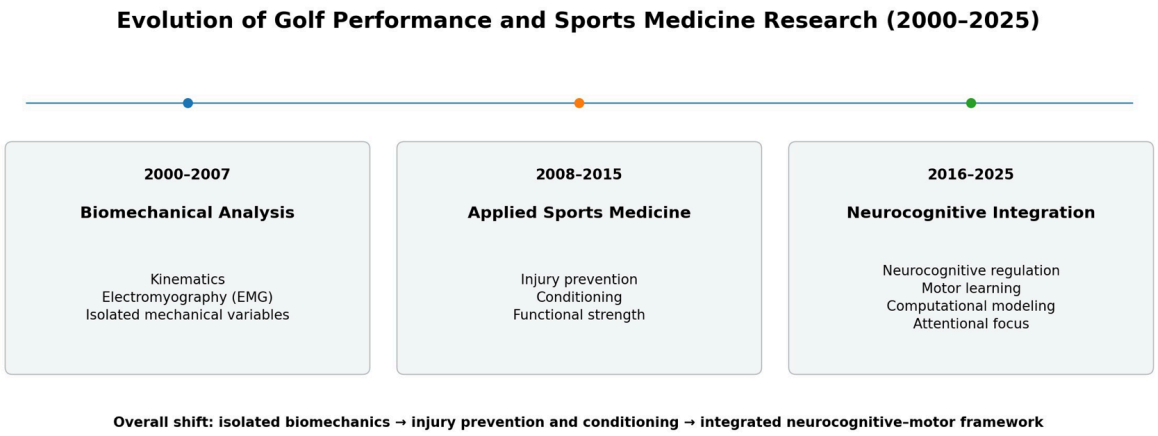
Methods

Bibliographic records (N=991) extracted from the Web of Science Core Collection and Scopus were systematically analyzed. Methodological approaches included keyword co-occurrence network analysis (VOSviewer v1.6.20), co-citation timeline mapping (CiteSpace v6.4.R2), and strategic thematic mapping across three distinct chronological periods (2000–2009, 2010–2019, 2020–2025), alongside a global institutional collaboration network visualization.

Results

The systematic network analysis identified six distinct thematic clusters, with 'performance' serving as the central hub that dynamically integrates biomechanical and cognitive-psychological domains. Temporal analysis revealed a clear three-stage paradigm shift across the 26-year timeline. The early phase (2000–2007) was predominantly characterized by classical, reductionist biomechanical analyses focusing on isolated kinematics and electromyography (EMG). This shifted during the intermediate phase (2008–2015) toward a significant rise in applied sports medicine factors, specifically emphasizing injury prevention, conditioning, and functional strength. The recent phase (2016–2025) has been defined by the emergence of neurocognitive regulation, motor learning, and computational modeling as core skill-acquisition themes, with highly cited publications consistently confirming that attentional focus serves as

a central mechanism underlying golf performance optimization. Geographically, country-level collaboration network visualization identified the United Kingdom as the primary global research hub, while South Korea functioned as a critical bridging node dynamically connecting Western and East Asian academic networks.



Conclusion

Golf performance and injury prevention are most accurately conceptualized as an integrated neurocognitive–motor system rather than a purely mechanical output. This 26-year bibliometric roadmap highlights a critical evolutionary shift toward interdisciplinary paradigms, providing sports medicine clinicians, exercise physiologists, and rehabilitation specialists with an evidence-based foundation to design holistic, injury-free performance enhancement protocols.

Longitudinal Changes in Meniscus Surgery Stratified by Age Groups, Types of Surgical Facilities, and Geographical Regions in Korea from 2010 to 2024

Department of Orthopaedic Surgery, Soonchunhyang University Seoul Hospital, Seoul, Republic of Korea

Gi-Won Seo M.D., Jun-Woo Kim M.D., Su-yeon Park PhD., Hyung-Suk Choi M.D., Yong-Beom Kim M.D.

Introduction

Meniscal surgery patterns are shifting toward meniscus-preserving procedures, while Korea is experiencing rapid demographic and healthcare changes. Using nationwide data from the Health Insurance Review and Assessment Service (HIRA), we investigated longitudinal trends in meniscectomy, meniscal repair, and meniscus allograft transplantation (MAT) from 2010 to 2024 according to age, surgical facility type, and geographical region.

Methods

Nationwide HIRA data were used to identify meniscectomy, meniscal repair, and MAT performed in Korea from 2010 to 2024. Annual incidence rates were calculated per 1,000,000 person-years using population data from the Korean Statistical Information Service (KOSIS). Trends were analyzed according to age (<50, 50–59, 60–69, 70–79, and ≥ 80 years), surgical facility type (tertiary referral centers, general hospitals, and orthopedic clinics), and region (Seoul, Gyeonggi-do, and other regions). Poisson regression was used to evaluate annual trends and interaction effects between groups; negative binomial regression was applied when overdispersion was detected. Results are presented as incidence rate ratios (IRRs) with 95% confidence intervals (CIs). Statistical significance was defined as $P < 0.05$. The study was determined to be exempt from Institutional Review Board (IRB) review (SCHUH 2023-01-011).

Result

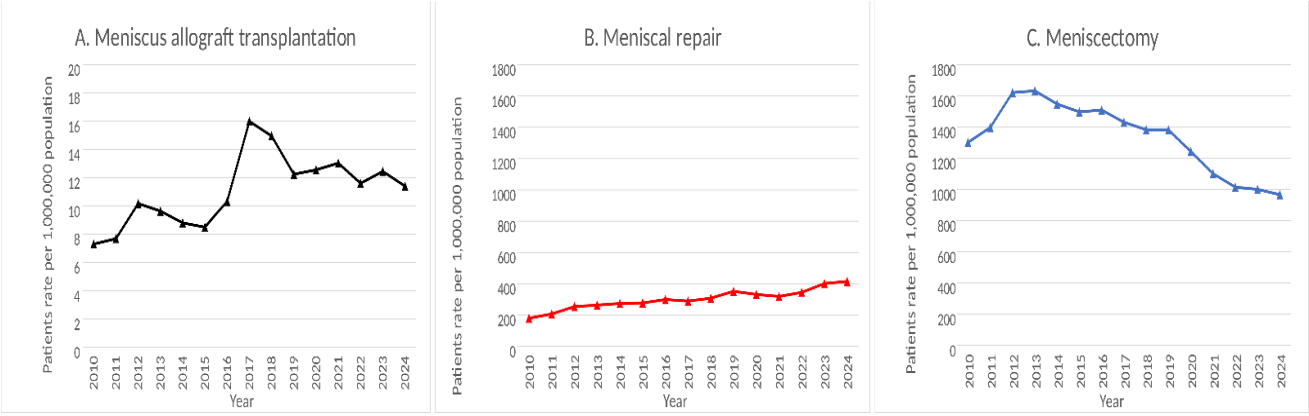


Figure 1. Total patient numbers and incidences of meniscus surgery per 1,000,000 person-years. A, meniscus allograft transplantation; B, meniscal repair; C, meniscectomy.

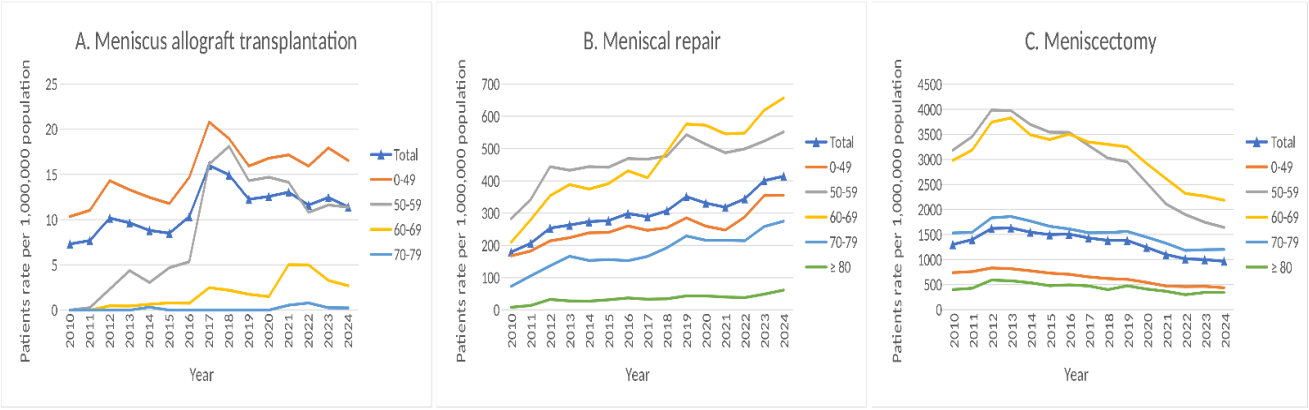


Figure 2. Annual incidences of meniscus surgery per 1,000,000 person-years, stratified according to age. A, meniscus allograft transplantation; B, meniscal repair; C, meniscectomy.

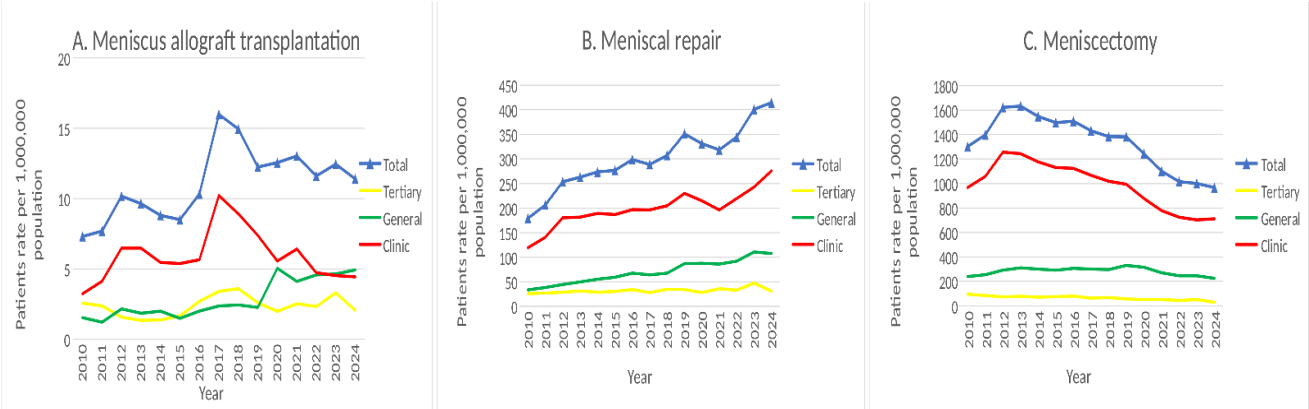


Figure 3. Annual incidences of meniscus surgery per 1,000,000 person-years, stratified according to type of surgical facility. A, meniscus allograft transplantation; B, meniscal repair; C, meniscectomy.

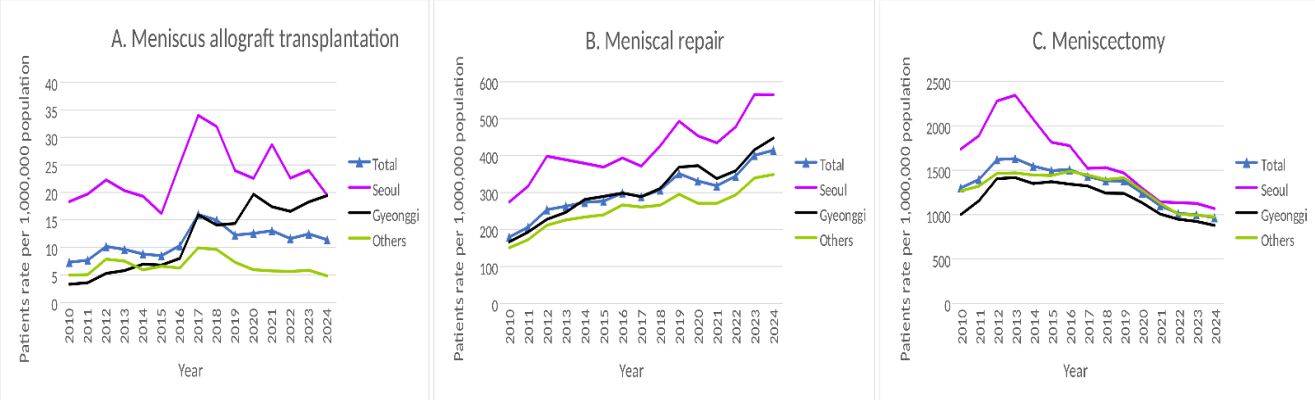


Figure 4. Annual incidences of meniscus surgery per 1,000,000 person-years, stratified according to geographical region. A, meniscus allograft transplantation; B, meniscal repair; C, meniscectomy.

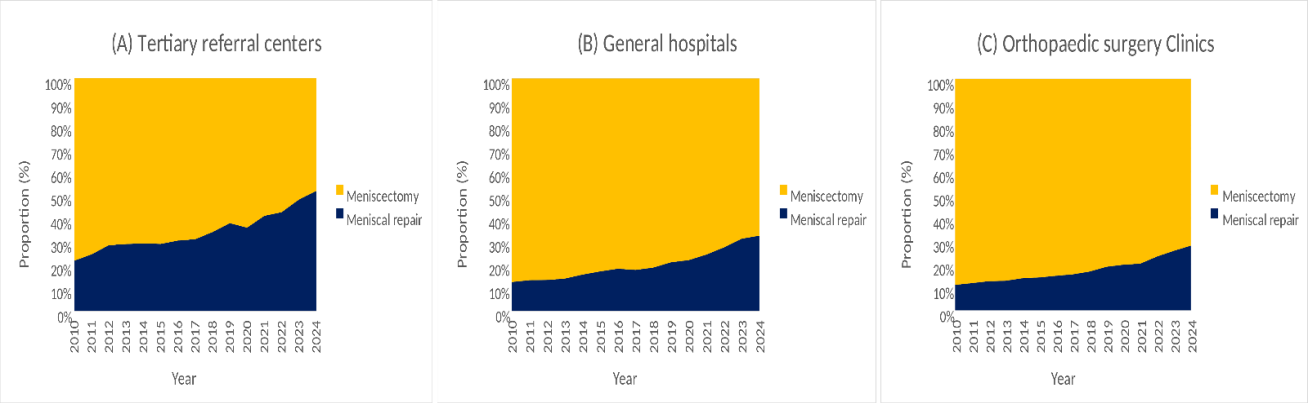


Figure 5. Temporal changes in the proportions of meniscal repair and meniscectomy according to type of surgical facility from 2010 to 2024. A, tertiary referral centers; B, general hospitals; C, orthopedic surgery clinics.

1. Meniscus Allograft Transplantation (MAT)
   - Incidence: 7.305 to 11.402 per 1,000,000 person-years (Time trend = 1.038; 95% confidence interval (CI), 1.017–1.059; P < 0.001)
   - Year × age: Significant increase in 50–59, 60–69, 70–79 years
   - Year × hospital: Greater increase in general hospitals vs. tertiary referral centers
   - Year × region: Greater increase in Gyeonggi-do vs. Seoul
2. Meniscal Repair
   - Incidence: 179.271 to 414.411 per 1,000,000 person-years (Time trend = 1.048; 95% CI, 1.039–1.057; P < 0.001)
   - Year × age: Significant increase in all age groups
   - Year × hospital: Greater increase in general hospitals and orthopedic clinics vs. tertiary referral centers
   - Year × region: Greater increase in Gyeonggi-do vs. Seoul

3. Meniscectomy

· Incidence: 1,301.616 to 966.550 per 1,000,000 person-years (Time trend = 0.968; 95% CI, 0.957–0.980; P < 0.001)

· Year × age: Significant decrease in <50, 50–59, 60–69, 70–79 years

· Year × hospital, Year × region: No significant difference

Discussion

Meniscus allograft transplantation (MAT) showed an overall increasing trend from 2010 to 2024, while meniscal repair more than doubled and meniscectomy decreased significantly nationwide. Similar trends have been reported in France and Japan, where meniscal repair increased while meniscectomy decreased over time.

The increases in MAT and meniscal repair were more pronounced in older age groups. Regionally, both procedures increased more rapidly in Gyeonggi-do than in Seoul. By hospital type, MAT and meniscal repair increased more rapidly in general hospitals, and meniscal repair also increased significantly in orthopedic clinics.

Overall, the Korean trend is consistent with the international shift toward meniscus-preserving surgery.

8주간 SAQ, 안구, 복합 트레이닝이 대학 축구선수의 스피드, 민첩성, 반응 속도, 동적 균형 능력에 미치는 영향

[1]College of Arts and Sports, Department of Physical Education, Dong-A University, Busan, Korea.
Hee jeong Kim[1], Hyung-pil Jun[1]*

Background

축구선수의 신체 수행 능력 향상을 위해 SAQ (Speed, Agility, Quickness) 트레이닝이 활용되며, 시각 기능과 정보 처리 능력 향상을 위해 안구 트레이닝이 적용되고 있다. 그러나 대학 축구선수를 대상으로 두 트레이닝의 단독 및 복합 적용 효과를 비교한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 8주간의 SAQ, 안구 및 복합 트레이닝이 대학 축구선수의 스피드, 민첩성, 반응 속도(전신, 시각–인지)와 동적 균형 능력에 미치는 영향을 규명하고자 한다.

Methods

본 연구는 대한축구협회에 등록된 축구 경력 5년 이상의 대학 남자 축구선수 48명을 대상으로 실시하였다. 대상자는 무작위 배정을 통해 SAQ 트레이닝 그룹(SAQ Training Group, STG), 안구 트레이닝 그룹(Ocular Training Group, OTG), 복합 트레이닝 그룹(Combined Ocular Training Group, COTG) 및 대조군(Control Group, CG)에 각각 12명씩 배정하였다. 사전 측정으로 스피드(10 m sprint test), 민첩성(Agility T test), 전신 반응 속도(Whole Body Reaction Time Test, WBRT), 시각-인지 반응 속도(Formula Reactions Drill Test, FRDT) 및 동적 균형 능력(Y-Balance Test, YBT)을 측정하였다. 중재는 8주간 주 3회 실시하였다. STG에는 SAQ 트레이닝, OTG에는 안구 트레이닝, COTG에는 두 트레이닝을 병행 적용하였으며, CG에는 별도의 중재를 적용하지 않았다. 중재 종료 후 사전 측정과 동일한 방법으로 사후 측정을 실시하였다.

자료는 SPSS Statistics 27.0을 이용하여 분석하였다. 집단과 시기에 따른 차이는 반복이원분산분석(two-way repeated measures ANOVA)으로 검증하였으며, 유의한 차이가 나타난 경우 Sidak 보정을 적용하여 사후분석을 실시하였다. Cohen's d 효과크기와 95% 신뢰구간을 산출하였으며, 통계적 유의수준은 $\alpha = .05$로 설정하였다.

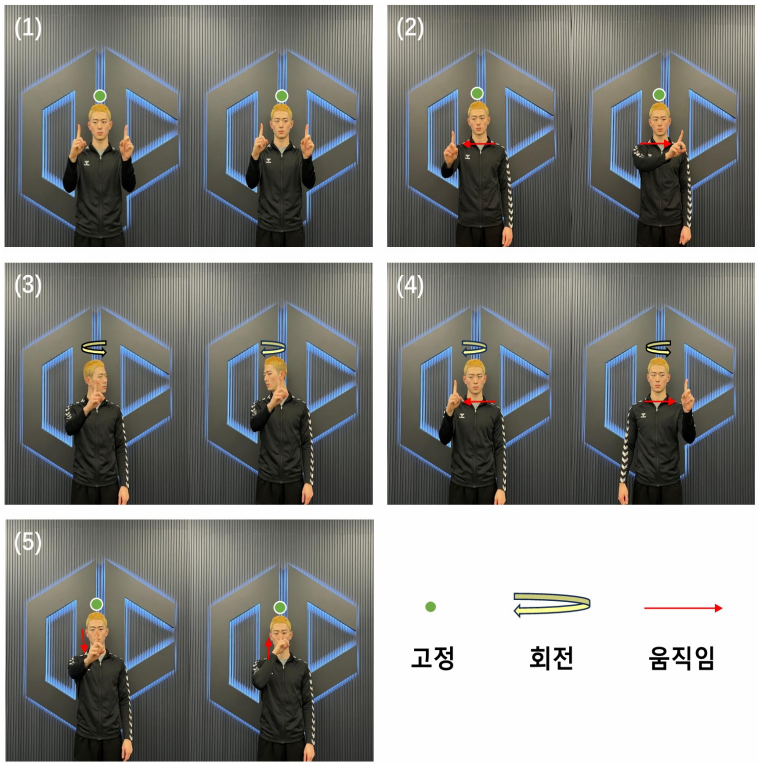


Table 1. Ocular Training Program
Training Components
(1) Saccadic eye movement
(2) Smooth pursuit eye movement
(3) Vestibulo-ocular movement
(4) Vestibulo-ocular movement
(5) Vergence eye movement
Intensity Progression
Weeks 1–2: 30 BPM
Weeks 3–4: 50 BPM
Weeks 5–6: 60 BPM
Weeks 7–8: 70 BPM
Training Volume
3 sets

BPM, beats per minute.

Table 2. SAQ Training Program

Phase	Intensity	Speed	Agility	Quickness
Weeks 1–2	80%, CR-10: 5–6	Wall drill, A-skip, A-run	Hopscotch, ladder drill	Reaction ball drop
Weeks 3–4	90%, CR-10: 7–8	Speed ladder, resisted movement	Ladder and hurdle drills	Mirror game
Weeks 5–6	90%, CR-10: 7–8	Speed hurdle, shuttle run	Slalom sprint, T-drill	Visual reaction drills
Weeks 7–8	100%, CR-10: 9–10	10 m sprint, 5-10-5 shuttle run	Illinois agility run, T-drill	S-curve reaction sprint

Frequency: 3 sessions/week; sets: 5 sets.
SAQ, Speed, Agility, Quickness.

Table 3. Demographic Characteristics of Participants by Group (M±SD)

Variables	STG (n=12)	OTG (n=12)	COTG (n=12)	CG (n=12)
Age (years)	21.83±1.19	21.33±1.37	21.25±1.29	22.33±1.3
Height (cm)	176.94±6.55	177.61±5.16	178.8±5.11	174.97±4.29
Weight (kg)	70.63±8.9	73.64±4.8	72.26±5.64	70.66±10.82
BMI(kg/m²)	22.41±1.36	23.18±1.39	22.57±1.01	23.38±2.59

OTG, Ocular Training Group; STG, SAQ Training Group; COTG, Combined Ocular Training Group; CG, Control Group; M, mean; SD, standard deviation; BMI, Body Mass Index.

Results

스피드와 민첩성에서는 시기 및 그룹 주효과와 상호작용이 유의하였다($p<.01$). 스피드는 STG (pre=2.25±0.17, post=2.11±0.13초; d=−0.93)와 COTG (pre=2.34±0.16, post=2.15±0.15초; d=−1.23), 민첩성은 STG (pre=11.75±0.80, post=10.99±0.44초; d=−1.18)와 COTG (pre=11.85±0.70, post=10.88±0.17초; d=−1.90)에서 유의하게 감소하였다. 전신 반응 시간에서는 시기 및 그룹 주효과가 유의하였으며($p<.05$), STG에서 감소하였다(pre=213.50±27.94, post=186.92±24.77msec; d=−1.01). 시각-인지 반응에서는 hits의 시기 및 그룹 주효과, 반응 시간(msec)의 시기 주효과와 상호작용이 유의하였다($p<.05$). COTG의 hits는 증가하였으며(pre=27.50±2.02, post=29.33±1.23회; d=1.09), 반응시간은 OTG (pre=409.67±23.51, post=382.67±29.25msec; d=−1.21)와 COTG (pre=413.83±37.10, post=383.25±23.02msec; d=−0.99)에서 감소하였다. YBT 종합점수는 우측에서 시기 주효과($p<.05$), 좌측에서 시기 주효과와 상호작용($p<.01$)이 유의하였다. COTG의 좌측 종합점수는 증가하였다(pre=86.56±5.84, post=91.56±4.74 %; d=0.94). 방향별 분석에서는 우측 PL과 좌측 PL의 시기 주효과, 좌측 ANT의 상호작용, 좌측 PM의 시기 주효과 및 상호작용이 유의하였으며($p<.05$), 사후검정 결과 우측 PL의 STG, COTG와 좌측 세 방향 모두 COTG에서 증가가 나타났다.

Table 4. Effects of SAQ, Ocular, and Combined Training on Speed, Agility, Reaction Time, and Dynamic Balance

Variables		STG	OTG	COTG	CG	T	G	T×G
Physical & Visual-Cognitive Performance	Speed	−0.93 [−1.77, −0.08]	−0.17 [−0.97, 0.63]	−1.23 [−2.10, −0.35]	0.03 [−0.77, 0.83]	.001	.004	.009
	Agility	−1.18 [−2.04, −0.31]	−0.21 [−1.01, 0.60]	−1.90 [−2.87, −0.94]	−0.03 [−0.83, 0.77]	<.001	<.001	.003
	WBRT	−1.01 [−1.86, −0.16]	−0.11 [−0.91, 0.69]	−0.99 [−1.84, −0.15]	−0.03 [−0.83, 0.77]	.021	.006	—
	VCRT (hits)	0.06 [−0.74, 0.86]	0.86 [0.02, 1.70]	1.09 [0.24, 1.95]	−0.33 [−1.13, 0.48]	.032	.025	—
	VCRT (msec)	−0.03 [−0.83, 0.78]	−1.21 [−2.08, −0.34]	−0.99 [−1.84, −0.14]	0.10 [−0.70, 0.90]	.008	—	.043
Dynamic Balance (YBT)	CS (Right)	0.34 [−0.46, 1.15]	0.05 [−0.75, 0.85]	0.59 [−0.23, 1.40]	−0.14 [−0.95, 0.66]	.039	—	—
	CS (Left)	0.19 [−0.61, 1.00]	−0.04 [−0.84, 0.76]	0.94 [0.10, 1.78]	−0.02 [−0.82, 0.78]	.005	—	.003
	ANT (Right)	0.16 [−0.64, 0.96]	0.13 [−0.67, 0.93]	0.15 [−0.65, 0.96]	−0.13 [−0.93, 0.68]	—	—	—
	ANT (Left)	0.19 [−0.61, 0.99]	−0.17 [−0.98, 0.63]	0.43 [−0.38, 1.24]	−0.07 [−0.87, 0.73]	—	—	.002
	PM (Right)	0.27 [−0.53, 1.08]	0.00 [−0.80, 0.80]	0.63 [−0.19, 1.45]	−0.19 [−0.99, 0.61]	—	—	—
	PM (Left)	0.15 [−0.65, 0.96]	0.05 [−0.75, 0.85]	0.82 [−0.02, 1.65]	0.02 [−0.78, 0.82]	.010	—	.019
	PL (Right)	0.41 [−0.40, 1.21]	0.02 [−0.78, 0.82]	0.77 [−0.06, 1.60]	−0.01 [−0.81, 0.79]	.025	—	—
	PL (Left)	0.20 [−0.61, 1.00]	−0.03 [−0.83, 0.77]	0.79 [−0.04, 1.63]	0.01 [−0.79, 0.81]	.024	—	—

Values are Cohen's d [95% CI]. T, time; G, group; T×G, time × group interaction. ANOVA columns report p-values; —, not significant (p≥.05). STG, SAQ training group; OTG, ocular training group; COTG, combined training group; CG, control group; WBRT, whole-body reaction time; VCRT, visual-cognitive reaction time; YBT, Y-Balance Test; CS, composite score; ANT, anterior; PM, posteromedial; PL, posterolateral.

Conclusions

8주간의 SAQ 트레이닝은 대학 남자 축구선수의 스피드와 민첩성 향상에 효과적이었으며, 안구 트레이닝은 시각-인지 반응 능력을 개선하였다. 두 트레이닝을 병행한 COTG는 민첩성, 시각-인지 반응 및 동적 균형에서 가장 일관된 향상을 보였다. 따라서 SAQ와 안구 트레이닝의 복합 적용은 대학 남자 축구선수의 신체 수행 능력 향상을 위한 효과적인 중재로 활용될 수 있다.

Bioinductive Collagen Implant (REGENETEN®) for Iatrogenic Achilles Tendinosis in an Adolescent Athlete: Surgical Technique and Six-Month MRI and Clinical Follow-up

Department of Orthopedic Surgery, Madisesang Hospital, Seoul, Korea
Suk Ho Baek, MD*, Ji-Su Shin, MD, Jung-Gwan Park, MD, PhD, Yool Cho, MD

INTRODUCTION / PURPOSE

· Achilles tendinosis is rare in adolescents and often iatrogenic, e.g., after repeated peritendinous corticosteroid injections.

· Debridement leaves a structural defect; flexor hallucis longus transfer or autografting adds donor-site morbidity.

· REGENETEN® is a highly porous bovine type I collagen scaffold that induces host-derived tendon-like tissue.

Purpose: To report the surgical technique and 6-month MRI and clinical outcomes of bioinductive collagen implant augmentation in an adolescent athlete.

CASE PRESENTATION

· 15-year-old male elite soccer player; 9-month recalcitrant left mid-portion Achilles pain.

· Worsened after extracorporeal shockwave therapy and three peritendinous injections (one corticosteroid, two unidentified).

· Unable to run or jump; visual analog scale (VAS) 7/10; American Orthopaedic Foot & Ankle Society (AOFAS) score 62.

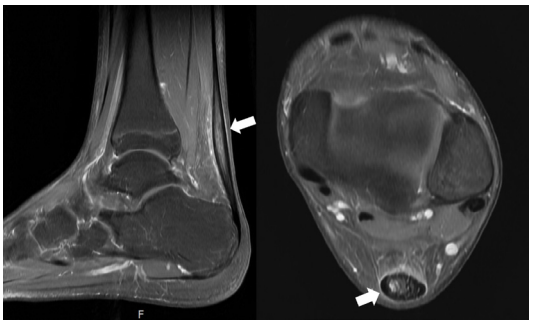


Fig. 1. Preoperative fat-suppressed MRI, sagittal (A) and axial (B): fusiform thickening with a ~3 cm segment of high-grade mucoid degeneration (arrows).

SURGICAL TECHNIQUE

· Midline incision; yellowish mucoid degeneration confirmed and thoroughly debrided.

· Remnant healthy tendon re-approximated with polydioxanone (PDS) sutures.

· 2 × 3cm REGENETEN® (Smith & Nephew) overlaid on the defect; paratenon repaired over the implant.

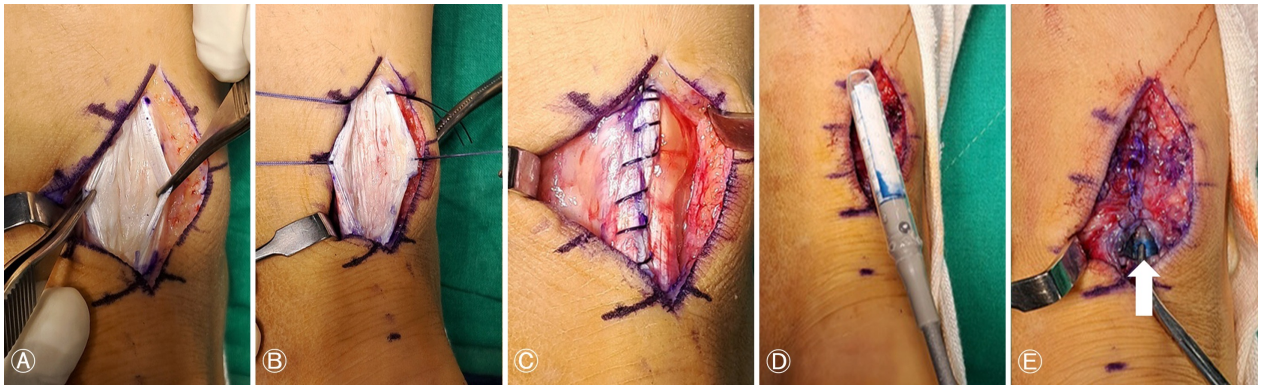


Fig. 2. (A) Exposure of the diseased tendon. (B) Debridement. (C) Re-approximation with PDS sutures. (D) 2 × 3 cm implant. (E) Implant overlaid on the tendon (arrow) before paratenon repair.

POSTOPERATIVE REHABILITATION

· Accelerated protocol: 2-week short leg cast in plantar flexion, then VACOped® (OPED) functional brace with early weight-bearing (WB) and range of motion (ROM).



SERIAL MRI FOLLOW-UP

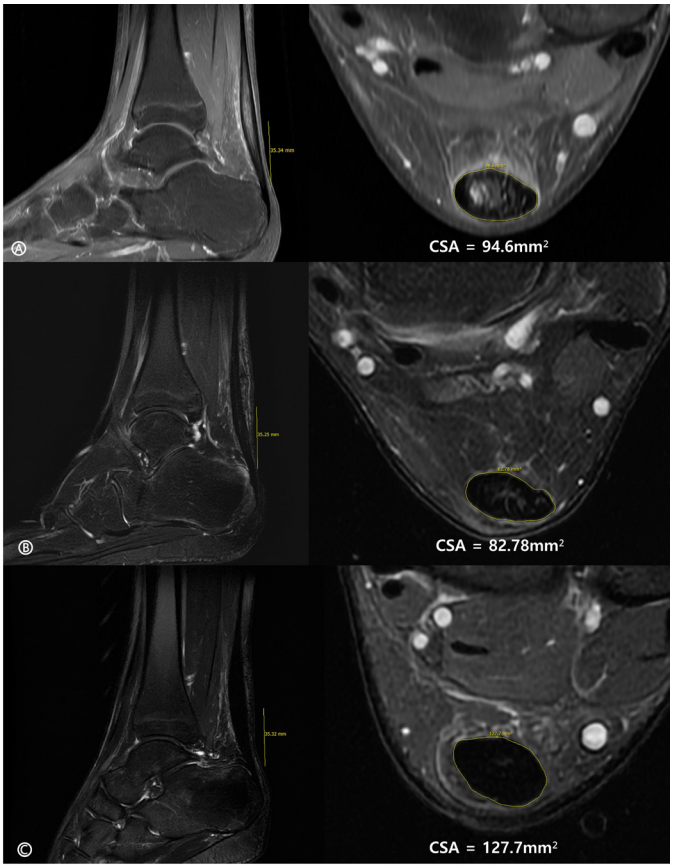


Fig. 3. Sagittal (left) and axial (right) fat-suppressed (FS) MRI with the tendon cross-sectional area (CSA) outlined ~35 mm proximal to the calcaneal tuberosity. (A) Preoperative (enhanced T1 FS). (B) 3 months (T2 FS). (C) 6 months (T2 FS). Values are single representative tracings. A and B reproduced from Baek et al. (2026).

RESULTS

Outcome	Preop	3 months	6 months
VAS pain (0–10)	7	0	0
AOFAS score	62	98	98
Tendon CSA, mm²	93.9 ± 0.8	83.4 ± 0.7	127.2 ± 1.4
MRI sequence	Enhanced T1 FS	T2 FS	T2 FS
Sport activity	Unable to run or jump	Competitive soccer	Pre-injury level
Complications	—	None	None

· CSA fell at 3 months (debridement), then rose 35.5% above the preoperative value by 6 months; T2 hyperintensity substantially resolved with the implant well incorporated.

DISCUSSION

· The progressive CSA increase is compatible with the hypothesis that the scaffold acts as a biological catalyst rather than a transient mechanical patch.

· Maturation between 3 and 6 months is concordant with the remodeling time course reported for bioinductive implants in rotator cuff repair.

Limitations: single uncontrolled case; no contralateral CSA reference; single observer; T1 (preop) vs T2 (follow-up) sequences.

CONCLUSION

Bioinductive collagen implant augmentation was associated with a sustained pain-free return to sport and a progressive increase in tendon CSA at 6 months. These single-case findings are hypothesis-generating and warrant prospective studies with longer follow-up.

Key References

1. Baek SH, Shin JS, Park JG, Cho Y. Bioinductive collagen implant (REGENETEN) for the treatment of iatrogenic Achilles tendinosis in an adolescent: a case report. Korean J Sports Med 2026;44:138-42.
2. Bokor DJ, Sonnabend D, Deady L, et al. Evidence of healing of partial-thickness rotator cuff tears following arthroscopic augmentation with a collagen implant: a 2-year MRI follow-up. Muscles Ligaments Tendons J 2016;6:16-25.
3. Thon SG, O'Malley L, O'Brien MJ, Savoie FH. Evaluation of healing rates and safety with a bioinductive collagen patch for large and massive rotator cuff tears: 2-year safety and clinical outcomes. Am J Sports Med 2019;47:1901-8.
4. Valk J, Wilk MJ, Murdock K, Saad MA. Bioinductive collagen implant augmentation for myotendinous Achilles rupture in a teenage competitive gymnast: a case report. JBJS Case Connect 2023;13:e22.00383.
5. Genuth G, Iselin LD. Treating insertional Achilles tendinitis with bioinductive collagen scaffold - does it improve outcomes?: a case series. J Clin Orthop Trauma 2025;63:102931.
6. Nichols AW. Complications associated with the use of corticosteroids in the treatment of athletic injuries. Clin J Sport Med 2005;15:370-5.

가상현실을 활용한 지각-인지 및 타격 과제에서 기술 수준에 따른 차이분석

Analysis of Skill-Level Difference in Perceptual-Cognitive and Batting tasks Using Virtual reality

[1]Department of Physical Education, College of Sport Science of Korea National Sport University, Seoul, Korea
[2]Graduate School (Master's Student in Sports Rehabilitation), Korea National Sport University, South Korea
Kim Woo Sub[1], Yang Jae Chan[2]

서론

야구에서 타자가 득점을 하기 위해서 공을 성공적으로 타격하는 것은 필수적이다. 145km/h 패스트볼을 정확히 타격하려면, 시간적 오차는 ± 9 ms 이내, 공간적 오차는 1.27cm 이내로 유지되어야 한다(Gray, 2002; Regan, 1997). 따라서, 타자들은 타석에서 극도로 짧은 시간 내에 투수가 던진 공의 구질을 판단하여 공을 타격하기 위해 매우 정밀한 운동을 진행하여야 한다.

Gray(2002)의 연구 결과에 따르면, 선수들에게 투수의 동작 정보를 제외한 타격에 이용 가능한 직접적인 지각 정보를 제공했음에도 불구하고, 타격 성공률은 0.030으로 일반적인 야구 경기에서 보이는 타격 성공률에 비해 매우 낮은 타격 성과를 보였다. 이러한 결과는 투수의 팔과 몸의 움직임 등과 투구 속도에 대한 추정을 바탕으로 간접적으로 투구의 높이를 예측한다는 '간접 지각 모델(indirect perceptual model)'을 지지한다.

Mann et al.(2010)은 숙련자의 뛰어난 예측 능력에 가장 크게 기여 하는 요소는 요구되는 타격 동작이 실제 스포츠 기술과 유사할수록 예측 능력도 더욱 완전하게 발휘될 수 있음을 보고하였다. 하지만, 실제 타격 상황을 재현하기 위한 방법들은 안전상의 이유와 물리적인 제약과 같은 제약들로 인해 명확한 한계를 가지고 있다. 이러한 한계점을 극복하기 위한 방법으로 가상현실(virtual reality)을 활용하는 것은 매우 효과적일 수 있다(Saijo, Fukuda & Kashino, 2025). 따라서 저자들은 HMD(head mounted display)를 이용한 가상현실(virtual reality) 투수 시뮬레이션을 활용하여 투수의 움직임에 대한 시각 단서 및 간접적인 상황을 제시하였을 때, 숙련자와 저숙련자의 지각-인지 및 타격 능력의 차이를 알아보고자 하였다.

연구방법

1, 연구 대상(Study participants)

숙련자 그룹은 한국 프로야구팀에 소속된 선수 경력 10년 이상의 성인 야구 선수이며, 저숙련자 그룹은 엘리트 야구선수 경력이 없는 건강한 20~30대 성인 남성을 대상으로 한다. 또한, 대상자들은 HMD를 이용한 VR 야구 훈련 또는 평가의 경험이 없었다.

Variables	Elite(n=10)	Control(n=10)
Age(years)	22.20±2.30	27.30±2.75
Height(cm)	182.70±4.60	174.2±3.55
Weight(kg)	86.60±8.90	87.40±8.98
SVA-right	1.36±0.19	1.39±0.33
SVA-left	1.28±0.20	1.27±0.27

Table 1. General characteristics of participants. SVA, static visual acuity

2. 연구 절차(Study proceduce)

본 연구는 전향적 관찰연구이며, WinReality VR프로그램을 사용하였다. 측정변수는 위치오차(SL), 시간오차(ST), 타구 인플레이(IP), 위치오차크기(LA), 구종판단정답률(PRA), 선택반응시간(CRT), 단순반응시간(SRT), 통합정답률(correct)이었다. 1주 이상의 시간 간격을 두고 2회 측정하였으며 각 측정 변수에 대해 20회 반복측정을 시행하였다. 측정 전 5~10회의 연습을 진행하였다. 가상현실을 활용한 검사 프로그램은 Saijo, Fukuda, & Kashino(2025), Gray(2002)의 연구를 참고하여 재구성하였다. 또한, Fan et al.(2023)의 연구를 참고하여 해당 HMD를 착용한 검사 시간은 최대 30분 연속으로 제한하였다.

Variables	산출 방식	해석
LA	시행별 위치 오차의 평균	inch · 낮을수록 양호
CRT	VR 반응시간의 평균	초 · 낮을수록 빠름
SRT	단순반응시간의 평균	초 · 낮을수록 빠름
SL	위치 정답 / 유효 시행 수 ×100	% · 높을수록 양호
ST	타이밍 정답 / 유효 시행 수 ×100	% · 높을수록 양호
IP	인플레이 횟수 / 20 ×100	% · 높을수록 양호
PRA	구종 정답 / 유효 시행 수 ×100	% · 높을수록 양호
Correct	반응 정답 / 유효 시행 수 ×100	% · 높을수록 양호

연구결과 및 논의

Variables	Elite(n=10)	Control(n=10)	p	Holm p
SL	68.00±16.36	62.25±11.45	.288	.924
ST	63.50±17.09	50.75±17.24	.075	.376
IP	45.50±15.13	33.75±10.22	**.038**	.264
LA	5.283±0.929	6.555±0.680	**.003**	.021
PRA	77.25±6.71	69.50±12.06	.063	.376
CRT	0.325±0.057	0.327±0.051	.929	1.000
SRT	0.298±0.022	0.309±0.020	.231	.924
Correct	84.25±7.36	83.50±8.18	.837	1.000

Table 2. Values are presented as mean ± standard deviation. LA, location error; lower values indicate better performance. Group effects were assessed using a two-way mixed-design ANOVA (group × session). The p-value for LA was adjusted using the Holm method across eight outcome measures.

숙련자 9명의 실제 경기 기록과 수행 지표 사이에서 유의한 상관관계가 확인되지 않았다. 이는 작은 표본에서 얻은 탐색적 결과로, 실제 경기 수행을 예측하는 도구로 활용하려면 추가적인 검증이 필요함을 시사한다.

Variables	PA ρ	PA exact p	H ρ	H exact p
SL	-0.183	.644	-0.068	.874
ST	0.468	.208	0.407	.279
IP	0.244	.524	0.197	.614
LA	0.367	.336	0.322	.403
PRA	-0.453	.220	-0.530	.147
CRT	-0.417	.270	-0.220	.575
SRT	0.033	.948	-0.102	.807
Correct	0.183	.638	0.248	.521

Note. n = 9 skilled players. PA, plate appearances; H, hits; ρ, Spearman rank correlation. Performance measures are averages across the two tests. Exact p denotes an unadjusted two-sided exact permutation p-value based on all 362,880 player-level pairings. All Holm-adjusted p-values are 1.000 across the 24 correlations with BA, PA, and H. PA and H depend on playing opportunities; H/PA is not batting average. Lower LA, CRT, and SRT and higher percentage scores indicate better performance. Abbreviations are defined in Table 3.

결론

본 연구는 VR 투구 과제의 위치 판단 오차가 숙련자와 저숙련자의 수행 차이를 반영할 수 있다는 예비 근거를 제시하였다. 그러나 작은 표본과을 고려할 때, 이를 프로그램 전체의 타당성이나 실제 경기 수행 예측력의 확립으로 확대하여 해석할 수는 없다. 향후 충분한 표본에서 집단 차이를 재검증하고, 검사 재검사 신뢰도와 실제 경기 수행과의 관련성을 평가할 필요가 있다.

Age-Stratified Neuromuscular and Metabolic Determinants of Cardiorespiratory Fitness in Korean Males: A Non-Exercise Prediction Model for Sports Medicine and Field Settings

[1]Department of Kinesiology, Dankook University, Republic of Korea
[2]Department of Adapted Physical Education, Dankook University, Republic of Korea
[3]Department of Prescription and Rehabilitation of Exercise, Dankook University, Republic of Korea
Doo-Hee Jang[1], Young-Ung Kim[2], Gwang-Yeol Baek[2], Sang-Jun Cho[2], Hee-Jin Han[2], Yun-A Shin[3*]

Introduction

· Impaired cardiorespiratory fitness(CRF) is a primary risk factor for metabolic deterioration, yet conducting maximal graded exercise testing(GXT) is often restricted in clinical and field settings due to cost, time, and safety risk.

· While non-exercise prediction models offer an accessible alternative, age-specific variations that integrate both neuromuscular function and metabolic indicators remain poorly understood.

· This study established and cross-validated age-stratified, non-exercise prediction equations for Korean male adolescents and young adults, focusing on the physiological transition of fitness determinants.

Methods

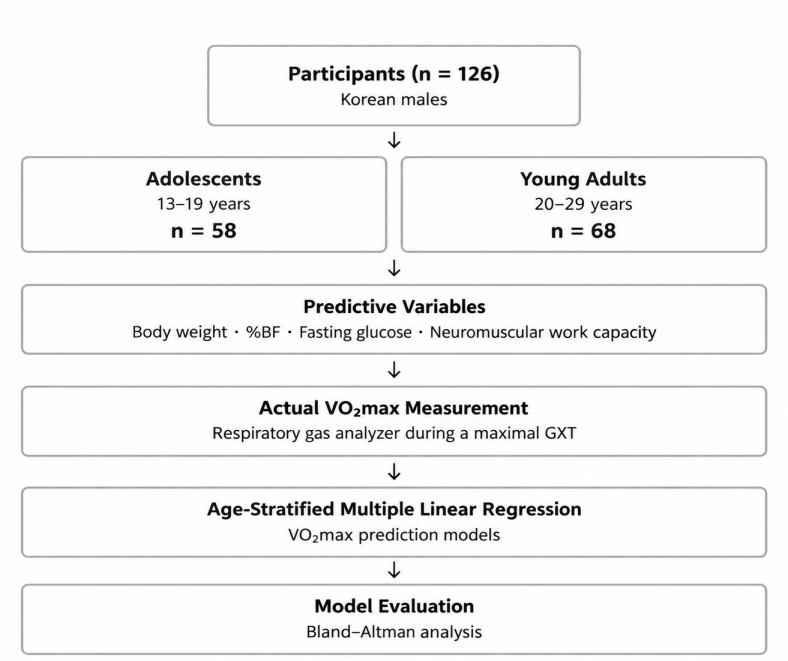


Fig 1. Study Design and Model Development

· A total of 126 Korean males were classified into an adolescent group(13-19 years, n=58) and a young adult group(20-29 years, n=68)

· Predictive variables included body composition(body weight, body fat percentage[%BF], a metabolic marker(fasting blood glucose), and lower-limb neuromuscular work capacity quantified via an isokinetic dynamometer test.

· VO_2max was measured using a respiratory gas analyzer during a maximal GXT.

· Age-stratified multiple linear regression models were developed and cross-validated using Bland-Altman analysis.

Results

· The determinants of VO_2max differed between adolescents and young adults. Adolescent Model (R^2 = 0.68, SEE = 3.21, $p < 0.001$)

· VO_2max was predominantly predicted by body weight, neuromuscular work capacity, and fasting glucose. Fasting glucose showed a positive association.

Young Adult Model (R^2 = 0.65, SEE = 3.45, $p < 0.001$)

· Body fat percentage (%BF) and fasting glucose were identified as the main predictors of VO_2max. Fasting glucose showed a negative association.

· Both prediction models demonstrated a mean bias of 0 with no systematic error.

Table 1. Comparison of Age-Stratified VO_2max Prediction Models

Parameter	Adolescent Model	Young Adult Model
R^2	0.68	0.65
SEE	3.21	3.45
p-value	P<0.001	P<0.001
Predictors	Body weight, Neuromuscular work capacity, fasting glucose	%BF, fasting glucose
Fasting glucose	Positive(+)	Negative(-)

Conclusion

The determinants of VO_2max differed between adolescents and young adults, shifting from body weight and neuromuscular work capacity in adolescence to body fat percentage and metabolic factors in young adulthood. Notably, fasting glucose showed opposite associations with VO_2max between the two age groups, highlighting age-related differences in the factors associated with cardiorespiratory fitness. These findings suggest that age-specific physiological characteristics should be considered when estimating VO_2max. The developed non-exercise prediction models may provide practical and accessible tools for assessing cardiorespiratory fitness in sports medicine and field settings where maximal exercise testing is impractical.

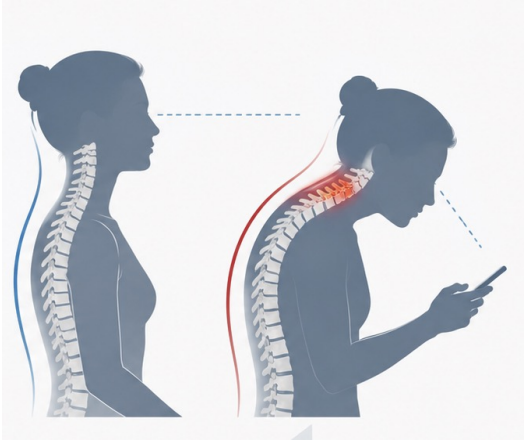
Effects of an AI Application - Guided Exercise on Cervical Alignment

[1]Department of Physical Education, Graduate School, Pukyong National University, [2]Pukyong National University, Industry-University Cooperation Foundation, [3]School of Physical Education and Health, Shaanxi University of Chinese Medicine, Xianyang, [4]Department of Marine Sports, College of Information Technology and Convergence, Pukyong National University

Hong Jae Ju MS[1], Su Hyun Kim MD, MPH, PhD[2], Da Kyung Son, MS[1], Zhen Li, PhD[3] ,Young Hoon Kim MD, PhD[4*]

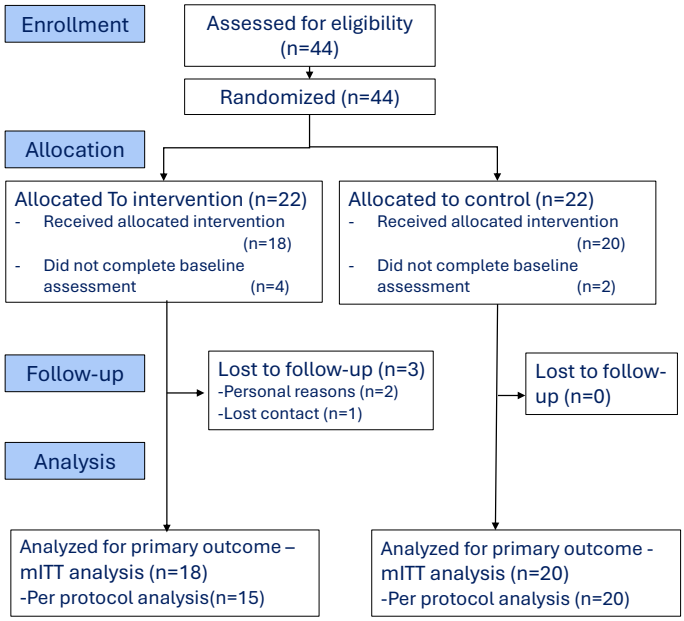
Introduction

Cervical alignment is adversely influenced by prolonged digital device use and can be improved through postural corrective exercises. Although unsupervised self-exercise may offer advantage in terms of time, cost, and accessibility of conventional supervised exercise, concerns remain regarding adherence and exercise performance accuracy. Recent advances in artificial intelligence (AI)-based motion capture technology has enabled the delivery of individualized exercise programs through mobile application, potentially enhancing exercise performance in unsupervised settings. Therefore, this study investigated the effects of an AI-assisted application-guided postural corrective exercise program on cervical alignment and range of motion.



Methods

Participants



▪ Inclusion criteria

20–39 year old healthy adults using a smartphone-based application w/o difficulty

▪ Exclusion criteria

(1) Inability to perceive visual or auditory biofeedback owing to visual or hearing impairments

(2) Hx of spinal disorders

(3) Current neck pain rated ≥ NRS 4

Intervention

- **Delivery**
  via AI-assisted motion capture exercise application, Real PT®
- **Frequency**
  3 sessions /week
- **Time/Duration**
  Approximately 30 min/session
  For 4 weeks
- **Repetition**
  X 3 for static stretching
  X 15 for strengthening
- **Rest intervals**
  20-sec between exercises with controlled breathing guidance
- **Intensity/Progression**
  Individually adjusted by the app.
- **Type**
  Individually prescribed postural corrective exercise program by the app
  Based on AI-assisted postural assessment
  10 ~11 stretching, strengthening and stabilization components

AI-assisted exercise application, Real PT®

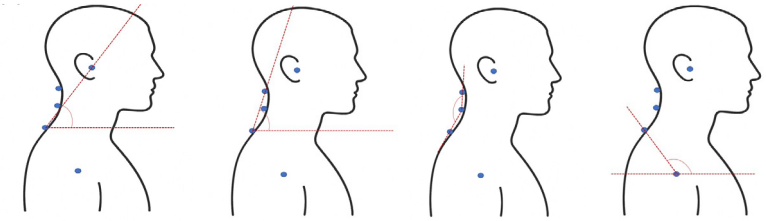
(A)



- Initial AI Posture Assessment
- Individualized Exercise Prescription for Postural Correction
- Visual, Textual and Auditory Feedback during Exercise

Outcome

Cervical alignment



CVA
Craniovertebral angle

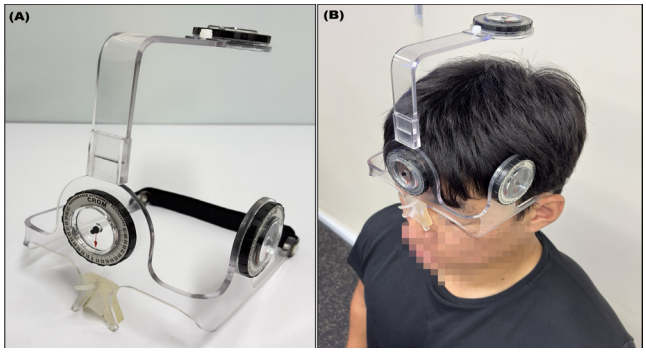
CIA
Cervical inclination angle

CA
Cranial angle

FSA
Forward shoulder angle

- 2D sagittal standing images by iPhone 15 (Apple, USA)
- Angle measurement: Kinovea software (v0.8.15)

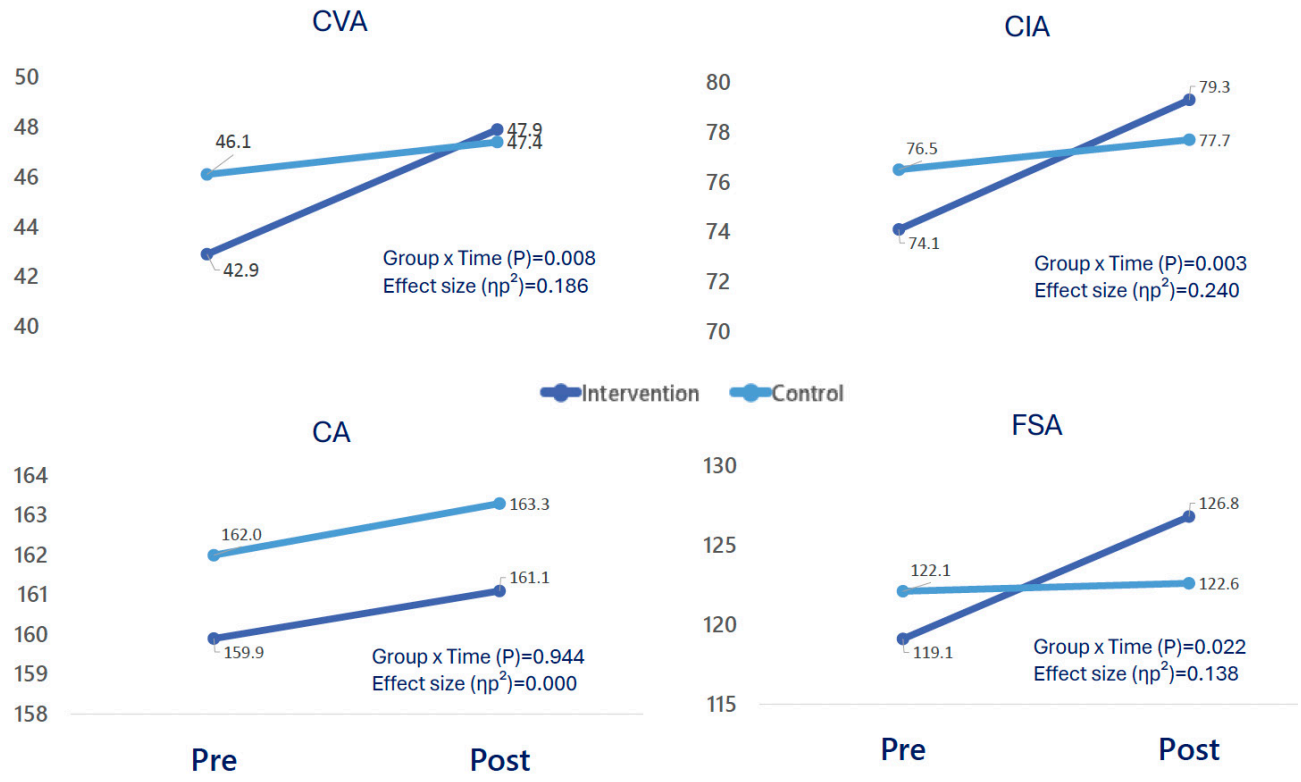
Cervical range of motion



CROM Basic device (Performance Attainment Associates, USA)

Results

Changes of Cervical Alignment Following AI-application guided postural corrective exercise



Changes of Cervical ROM Following AI-application postural corrective exercise

Variables	Group	Pre-intervention	Post-intervention	P interection (Effect size, ηp²)
Flexion	IG	39.74 ± 2.45	50.04 ± 2.51	**<.001 (0.395)**
	CG	41.77 ± 2.33	43.87 ± 2.33	
Extension	IG	64.44 ± 3.40	69.28 ± 3.42	**<.001 (0.347)**
	CG	63.53 ± 3.22	62.90 ± 3.22	
Right lateral flexion	IG	38.00 ± 2.23	47.84 ± 2.27	**<.001 (0.513)**
	CG	37.50 ± 2.11	39.20 ± 2.11	
Left lateral flexion	IG	37.33 ± 2.26	46.64 ± 2.30	**<.001 (0.511)**
	CG	38.97 ± 2.14	39.83 ± 2.14	
Right rotation	IG	60.67 ± 2.06	67.78 ± 85.00	**<.001 (0.510)**
	CG	61.33 ± 1.96	62.17 ± 1.96	
Left rotation	IG	61.48 ± 2.07	69.07 ± 2.10	**<.001 (0.564)**
	CG	63.70 ± 1.96	63.80 ± 1.96	

Values are estimated mean ± standard error. Intervention group: n=18; control group: n=20. P-values are from the linear mixed models. Effect size are estimated using partial eta squared derived from the F statistics of the group-by-time interaction effects.

Conclusions

The unsupervised AI-assisted application-guided postural corrective exercise program improved cervical alignment and mobility in healthy adults, supporting its potential as an accessible strategy for cervical postural management. Future studies with larger and more diverse populations, longer follow-up, and active control groups are warranted.

References

Adesola C O et al. Musculoskeletal Pain and Postural Abnormalities among Smartphone-Using Digital Natives. J Musculoskelet Disord Treat. 2020;6(3):089.

Singla D, Veqar Z. Association Between Forward Head, Rounded Shoulders, and Increased Thoracic Kyphosis: A Review of the Literature. Journal of Chiropractic Medicine. 2017;16(3):220–9. doi:10.1016/j.jcm.2017.03.004

Panihar U, Joshi S. Systematic review and meta-analysis on efficacy of various exercise programs to improve postural parameters, pain and disability in neck. CEP. 2023 Apr 3;19(2):101–10. doi:10.3920/CEP220074

Arooj A, Aziz A, Khalid F, Hussain Iqbal M, Binte Ashfaq H. Forward Head Posture in Young Adults: A Systematic Review. TT. 2022;32–5. doi:10.54393/tt.v3i1.38

사단법인 대한스포츠의학회

제69차 추계학술대회

발행일. 2026년 10월 28일

발행처. 사단법인 대한스포츠의학회

서울 강남구 광평로280, 로즈데일오피스텔 1218호

Tel. 02-3412-3733 E-mail. sportsmed@sportsmed.or.kr

제작처. (주)우리의학사

Tel. 02-2266-2752 E-mail. uri@urimed.co.kr